LA FOTOGRAFÍA Y EL CINEMATÓGRAFO

Por
Vicente Vera

1923

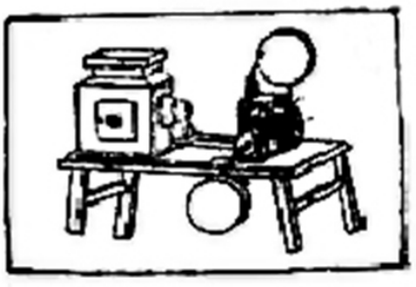
LA FOTOGRAFIA Y EL CINEMATÓGRAFO

Papel expresamente fabricado por La Papelera Española.

Prueba fotográfica positiva (arriba) y negativa (abajo).

LA FOTOGRAFIA Y EL CINEMATÓGRAFO.—POR

VICENTE VERA.—PROFESOR EN LA ESCUELA SUPERIOR DEL MAGISTERIO



CALPE

LIBROS DE INVENCIONES E INDUSTRIAS

ARTES DE LA ILUSTRACIÓN, PROVISIONES, 12.—MADRID

LA FOTOGRAFÍA

I

EN QUÉ CONSISTE LA FOTOGRAFÍA

Si en una habitación con ventana al campo mantenemos bien cerradas las hojas de madera de dicha ventana, nos encontraremos sumidos en una obscuridad completa. Pero si por medio de una barrena hacemos un orificio, un taladro, en una de las hojas de madera, la luz del exterior penetrará en la habitación y notaremos un efecto muy curioso. Si la pared opuesta al orificio de entrada de la luz es blanca, veremos muy bien que en ella no aparece un redondel iluminado correspondiente a la luz que penetró por el orificio, sino que se pinta el paisaje exterior, distinguiéndose perfectamente en la referida pared blanca las casas, los árboles, las montañas, todo lo que forme el paisaje; pero con una circunstancia particular: que todo ello se presenta invertido o, como si dijéramos, cabeza abajo.

En vista de este resultado, podemos efectuar un experimento tan sencillo como interesante. Procurémonos una caja de cartón o de madera que represente la habitación antes mencionada. En una de sus paredes laterales hagamos, con una aguja gruesa o con una lezna, el orificio, y sustituyamos la pared opuesta de la caja por una lámina de cristal deslustrado, que también se llama *esmerilado*, o bien por una lámina de cristal ordinario, como el de las vidrieras, recubierta de una finísima hoja de papel de calcar, que es casi transparente. Pues bien; si se coloca entonces la caja de modo que la pared que lleva el orificio mire hacia objetos bien iluminados, sea con luz natural, sea con luz artificial, y la pared opuesta se mantiene en la obscuridad, veremos, por transparencia, que en el cristal des-

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

lustrado o en el recubierto de papel semitransparente aparece pintado el conjunto de objetos iluminados que haya delante del orificio. En general, este conjunto se presenta en miniatura, guardando todas las debidas proporciones de perspectiva, y siempre invertido, como en el caso de la habitación. Es decir, que en el cristal o en el papel se forma una imagen exacta, fidelísima, de menor tamaño, por lo común, e invertida siempre, del campo que la caja tiene delante, llamando campo al total de cosas que hay en frente del orificio. Esta caja, donde fenómeno tan curioso se produce, se llama *cámara obscura.*

El hecho os encanta; pero en seguida vuestra curiosidad se despierta, preguntando por qué y cómo se ha formado ésa imagen, y por qué aparece invertida. La explicación es sencilla, como vais a ver.

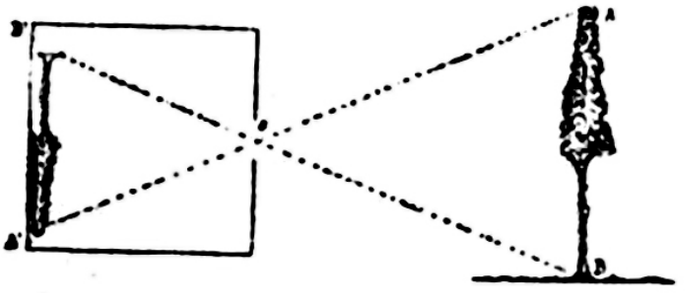


Fig. 1.ª—Formación de las imágenes en la cámara obscura.

Supongamos el objeto AB situado delante del orificio de la cámara obscura (fig. 1.ª).

Cada uno de los puntos iluminados de este objeto envía rayos de luz en todas direcciones; pero cada uno de estos rayos marcha siempre en línea recta, de suerte que de todos los que emanen del punto A (por ejemplo) sólo puede penetrar en la cámara obscura el que está en línea recta con el orificio O, es decir, el AOA', que irá a tocar a la pared opuesta de la cámara en el punto A'. Del mismo modo, de todos los rayos de luz que despide el punto B sólo penetra el rayo BOB, que toca en B' a dicha pared opuesta. De modo que bien se ve que a A' no llega más luz que la que lleva el rayo que salió de A; y a B', sólo la luz que trae el rayo que partió de B; es decir, que cada punto de la pared A' B' se halla iluminado solamente por la luz de otro punto correspondiente del objeto, y, por lo tanto, en el cristal deslustrado o papel semitransparente se reproducirá la distribución de la luz exactamente lo mismo que en el objeto que la envía, y a nuestro sentido de la vista le producirá, por consiguiente, una impresión similar a la que da el objeto mismo. Así se ha formado la imagen de tal objeto en

el fondo de la cámara obscura. Además, la figura muestra también que, por el camino que han seguido los rayos, el punto A, que es el más alto, en la imagen aparecerá en A', que es el más bajo, esto es, que, cruzándose en el orificio O todos los rayos luminosos, los puntos de la imagen ocuparán una posición inversa a la que tienen en el objeto, y con esto queda satisfecha nuestra curiosidad.

Queda, pues, perfectamente comprendido por qué y cómo se forma la imagen y la razón de ser invertida. En cuanto al tamaño de ella, se ve por la figura que depende de las distancias a que respectivamente se hallen del orificio O el objeto exterior y la lámina que recibe la imagen. Cuanto mayor sea la distancia del objeto externo y cuanto menor lo fuere la de la lámina receptora, tanto menor será la imagen con respecto a las dimensiones del objeto real.

Todo el mundo conoce esos cristales que usan las personas que tienen la vista cansada y mediante los cuales pueden ver los objetos pequeños como si tuvieran la vista normal. Esos cristales se suelen llamar de *aumento* o *lentes convergentes.* Mirando a través de ellos, en ciertas condiciones, los objetos menudos, aparecen éstos de mayor tamaño. Si con estos cristales de aumento se reciben los rayos del sol, se nota que estos rayos, al atravesar tales cristales, se concentran y pueden producir, en el punto en que convergen, tanto calor que inflaman el fósforo, queman la yesca, el papel, etc. Este punto en donde las lentes convergentes concentran los rayos solares que a ellas llegan, se llama *foco* de la lente.

Si en vez de los rayos directos del sol se reciben en una lente convergente los rayos luminosos procedentes de un origen menos intenso, la llama de una bujía, por ejemplo, los referidos rayos luminosos se concentran igualmente, y si en el lugar correspondiente al *foco* se coloca una hoja de papel blanco, se ve que en ésta se forma una imagen del objeto luminoso, imagen invertida y cuyo tamaño con relación al objeto depende de la distancia a que éste se encuentre de la lente.

Pues bien; si en el orificio de la cámara obscura se coloca una de estas lentes convergentes o cristales de aumento, se advierte que la imagen obtenida en la pared opuesta gana ex-

traordinariamente en intensidad, presentando gran viveza de colorido y muy finos y marcados todos los detalles. Pero, en cambio, se advierte que, mientras la imagen obtenida con el simple orificio se manifiesta en la pared opuesta, cualquiera que sea la distancia a que esta pared se encuentre del taladro que da entrada a la luz, cuando en este taladro se coloca una lente convergente la imagen sólo aparece con la claridad, precisión e intensidad de que antes se ha hecho mención cuando el cristal deslustrado o papel semitransparente donde se ha de pintar dicha imagen se halla a una distancia determinada de la lente.

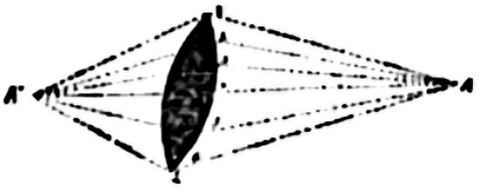
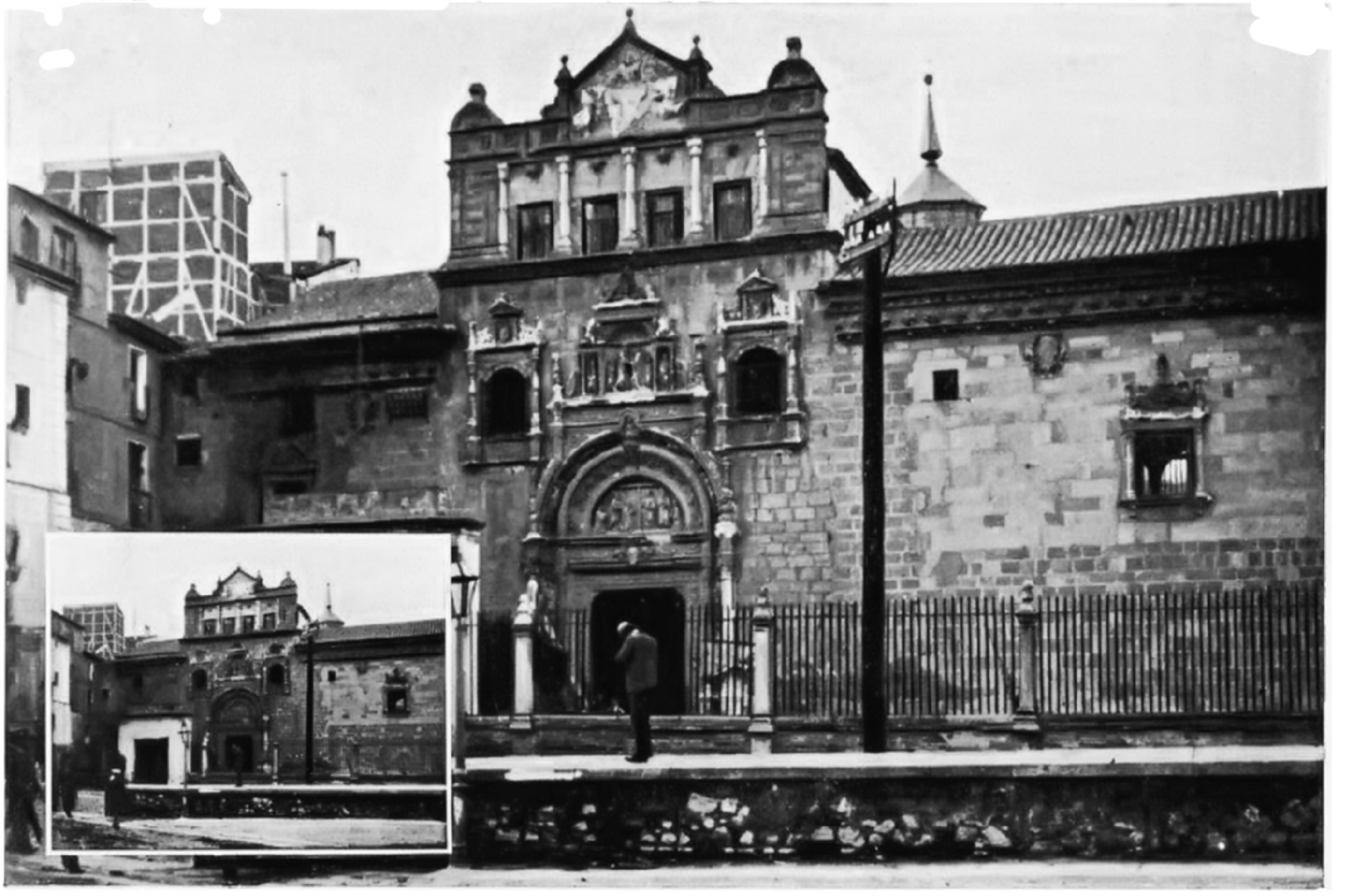


Fig. 2.ª — Concentración de los rayos luminosos producida por una lente convergente.

La razón de formarse una imagen mucho más clara y más intensa cuando se emplea la lente convergente estriba en que ésta tiene la propiedad de concentrar en un solo punto del espacio todos los rayos que a ella lleguen procedentes de un punto del objeto.

Así, por ejemplo, si de la multitud de rayos emanados de A (fig. 2.ª) llegan a la lente L los rayos A1, A2, A3, A4, A5, A6, todos estos rayos van a reunirse en el mismo punto A' y éste resultará mucho más iluminado que si recibiera uno solo, que es el caso del orificio pequeñísimo y sin lente. Además, como todos los rayos que ahora se reúnen en A' provienen del punto A solamente, la imagen A' continuará siendo únicamente la del punto A, más iluminada, pero sin mezclarse con rayos procedentes de otros puntos que pudieran producir la confusión consiguiente, como ocurre cuando el orificio de entrada de la luz es grande y sin lente.

Lo mismo que acontece con el punto A sucede con cada uno de los demás puntos del objeto u objetos situados delante de la lente. A cada uno de ellos corresponde un foco o lugar donde se reúnen los rayos que, emanando de cada punto del objeto, llegan a atravesar la lente, y de este conjunto de focos resulta la imagen total más iluminada, más marcada en sus detalles, que la dada por la cámara obscura con orificio solamente. También queda explicado en la figura 2.ª, porque la imagen de los objetos exteriores a la cámara no se forma a cualquier



Ampliación fotográfica (en la parte inferior izquierda el original de la fotografía).

distancia si ésta lleva lente. Reuniéndose diferentes rayos de A en el punto A', sólo en donde se halle este punto o foco se verá la imagen clara, y no antes ni después de la posición de dicho punto. En cambio, cuando sólo existe el orificio pequeñísimo, que teóricamente no deja pasar mas que un rayo, en cualquier punto de la dirección de éste, o sea a cualquier distancia del orificio, tendremos la imagen del punto A, aunque no tan iluminada como empleando la lente. Así, pues, cuando la cámara obscura lleve lente convergente hay necesidad de *enfocar* para obtener la imagen con el máximo de claridad y de precisión, es decir, hay que aumentar o disminuir la distancia entre la lente y el cristal o papel en donde haya de pintarse la imagen, y por eso se da a la cámara la disposición de fuelle en las paredes, que permite acortar o alargar las distancias hasta obtener la imagen con la mayor perfección posible.

Obtenida así la imagen en la cámara obscura, se comprende que en seguida se pensase en utilizar resultado tan curioso, y, efectivamente, aplicando al cristal donde la imagen se forme un papel de calcar, puede un artista tomar el dibujo de la imagen y obtener copias fieles y sin errores de perspectiva de un paisaje, de la vista de un monumento, etc., y aun las líneas que le convengan para el retrato de una persona. En este sentido la cámara obscura ha prestado servicios utilísimos. Para esta aplicación de la cámara obscura se efectúa en ella una modificación que hace más cómodo y fácil el trabajo del dibujante al obtener el calco de la imagen. La modificación consiste en colocar en el interior de la cámara un espejo donde vayan a reflejarse los rayos antes de que formen la imagen y convenientemente inclinado para que desvíe dichos rayos hacia la parte superior de la cámara, donde se coloca entonces la plancha o lámina semitransparente que ha de recibir la referida imagen en la forma que muestra la figura 3.ª

No es menester decir que las imágenes así obtenidas no persisten mas que el tiempo que penetren en la cámara los rayos luminosos que las forman. Obturado el orificio, cubierta la lente o desviada la cámara, todo lo que en la plancha se había pintado desaparece en el instante mismo. ¡Gran cosa sería que la imagen, tan exacta y tan preciosa, quedase estereoti-

pada, fija tal cual es, en el papel de calcar donde se ha formado! El dibujante no tendría que tomarse el trabajo de hacer el calco, sin contar con que éste, aun hecho por el mejor artista, nunca podría tener la precisión ni la belleza de la imagen misma. Además, con renovar la plancha donde la imagen quedase impresa podría obtenerse multitud de copias de cada imagen,

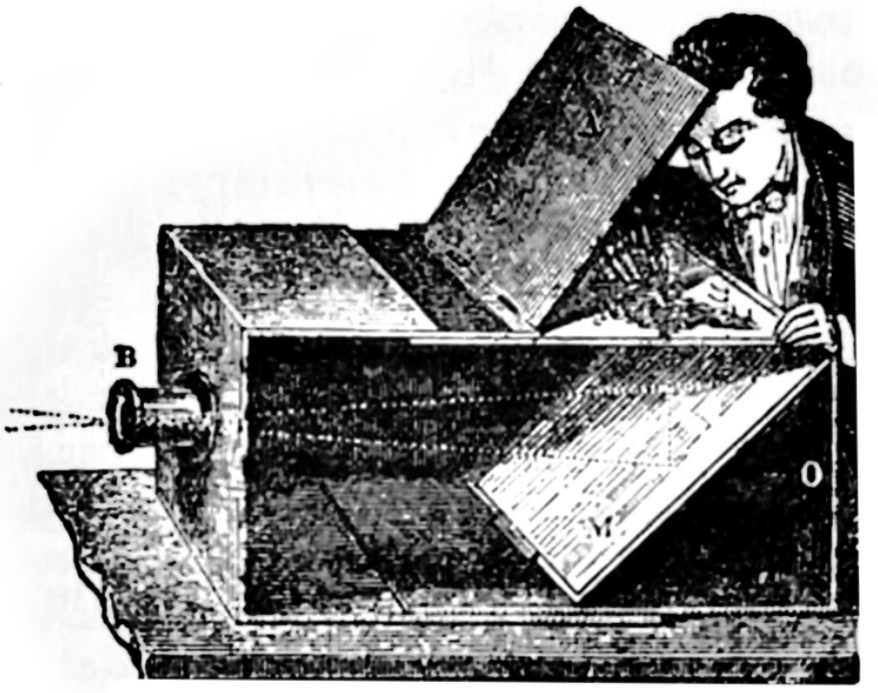


Fig. 3.ª — Cámara obscura para dibujantes.

en lugar de que el artista tenga que sacar, dibujando, un calco especial para cada copia.

Pero ¿no parece un sueño eso de que la imagen se quede marcada en el lugar donde se forma? ¿Hay algo más tenue, más incorpóreo, más impalpable que la luz? ¿Deja ésta, por ventura, huella alguna en el espacio por donde pasa, en los sitios que ilumina?

¡Dejar huella la luz! Si se reflexiona un poco sobre algunos hechos que en la Naturaleza se advierten, se podrá apreciar que esto no es pura fantasía. La luz es un agente activo, y hay muchos hechos que lo demuestran,

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

II

CÓMO NACIÓ LA FOTOGRAFÍA

PLINIO, cien años antes de Jesucristo, mencionaba ya que la luz del sol altera los colores, y Vitruvio recomendaba que los cuadros se colocasen con exposición al Norte; el alquimista Fabricio, en el siglo XVI, descubrió que ciertos compuestos de plata toman diferentes matices bajo la acción de la luz; y posterior y sucesivamente muchos sabios han hecho notar que hay multitud de substancias sensibles en mayor o menor grado y de diferentes maneras a la influencia de los rayos luminosos. Hay substancias que expuestas al aire y a la luz se oxidan, y otras, por el contrario, se desoxidan. Muchas frutas, al madurar, presentan colores más intensos por el lado que han recibido los rayos del sol, y, en cambio, por la acción persistente de éstos, la mayor parte de las materias colorantes vegetales tienden a perder sus matices.

Todas estas circunstancias han hecho que desde hace mucho tiempo haya habido investigadores dedicados a relacionar la formación de las imágenes en la cámara obscura con la sensibilidad de diversas substancias a la acción de la luz. Pero el primero de quien se tiene noticia de haber llegado a resultados de carácter práctico fué Nicéforo Niepce, quien, después de multitud de ensayos practicados desde 1814 con substancias alterables a la luz, descubrió que el asfalto o betún de Judea era la materia que mejor se prestaba a sus propósitos, pues tiene la propiedad de hacerse insoluble en la esencia de trementina o aguarrás (que es su disolvente ordinario) cuando sufre la acción de la luz, y pudo en 1824 presentar pruebas de que con dicho betún había logrado fijar la imagen obtenida en la cá-

mara obscura; es decir, que recibida la imagen en placas recubiertas de tal substancia quedaban en ésta huellas suficientes para que se pudiera considerar que la imagen quedaba marcada. Niepce utilizó después estas planchas de asfalto impresionadas por la luz para obtener planchas metálicas en las que se reproducía la impresión obtenida en el asfalto, inventando así lo que hoy llamamos *fotograbado*.

He aquí, pues, realizado lo que parecía un sueño: que la luz, llamada *fotos* por los griegos, dejase marcada, escrita o grabada *(grafos* en griego) la imagen que ella misma había formado, con lo cual nació la *fotografía*, o sea el medio de obtener imágenes permanentes de los objetos dibujados por la luz misma.

El procedimiento de Niepce era muy imperfecto y muy limitado en su eficacia por multitud de condiciones y circunstancias; pero, casi al mismo tiempo, otro francés, Daguerre, estudiaba con el mismo fin la acción de la luz sobre ciertos compuestos de plata, especialmente el llamado ioduro de plata. Daguerre fué quien descubrió que, efectivamente, la luz alteraba el ioduro de plata en un grado de intensidad proporcional a la intensidad de la luz actuante; pero que esta alteración del ioduro no se manifestaba aparente a la vista si no se hacía actuar sobre la capa de ioduro ciertas substancias que pusiesen de manifiesto la alteración. Es decir, que recubriendo en la obscuridad una lámina soporte de una tenue capa de ioduro de plata y colocando esta lámina en el foco de la cámara obscura, la luz, al actuar sobre el ioduro, lo descomponía en grados diferentes según las sombras, penumbras y claros de la imagen, y aunque esta alteración no fuese visible a simple vista, allí quedaba ya marcada la imagen según la distribución de las gradaciones de la luz que en ella hubiera. Pero quedaban dos problemas por resolver.

Bien se comprende que si la lámina así impresionada se sacaba a la luz del día, todo el ioduro de plata se alteraría por igual y la impresión *latente* que había dejado la imagen desaparecería, quedando toda la placa recubierta de ioduro u uniformemente alterado o descompuesto. Había, pues, necesidad de impedir que la alteración del ioduro continuase antes de

sacar la placa a la luz del día. Este era uno de los problemas: lo que hoy llamamos *fijar* la imagen.

El segundo consistía en hacer manifiesta a la vista la alteración sufrida por la capa iodurada; en una palabra, *revelar* de algún modo que allí existía la huella latente que había dejado la imagen formada en la cámara obscura.

Daguerre se asoció en 1829 en sus trabajos con Niepce, que, como queda dicho, estaba desde 1814 ocupándose en estas mismas investigaciones. Niepce aportó a la asociación todos sus conocimientos adquiridos en quince años de ensayos y de práctica, entre ellos el preparar la placa sensible con una lámina de cobre revestida de plata bien pulimentada, que se exponía a los vapores del iodo para obtener la capa finísima de ioduro de plata que había de colocarse en la cámara obscura. Con tan valiosa colaboración pudo Daguerre continuar sus trabajos y preparar placas sensibles en grado suficiente para que, expuestas durante cinco minutos a la acción de la imagen formada en la cámara obscura, quedase esta imagen marcada en aquellas placas, aunque de un modo *latente*, es decir, invisible.

Ahora bien; lo que hace la luz sobre el ioduro de plata es descomponer este cuerpo en sus dos elementos: *iodo*, que se desprende y disemina en la atmósfera, y *plata*, que queda reducida a polvo finísimo en los sitios mismos que ocupaba en la placa el ioduro que ha sido descompuesto. Ocurrióle entonces a Daguerre que si la placa, en estas condiciones, se exponía en la obscuridad a los vapores de mercurio, como este cuerpo y la plata tienen gran afinidad para unirse y formar lo que se llama una amalgama, sería posible que apareciesen ya a la vista las porciones en donde tal amalgama se hubiese formado; y, efectivamente, exponiendo a la acción de los vapores de mercurio la placa impresionada se obtiene el *revelado* de la imagen latente.

Este era un progreso inmenso sobre el procedimiento de Niepce con el asfalto, que necesitaba una exposición de cinco horas a la luz para que la imagen dejase huellas eficaces, y con esto la fotografía entró en un camino práctico.

Inmediatamente vinieron perfeccionamientos técnicos aso-

ciando los vapores de bromo a los de iodo, con lo que las placas se hicieron mucho más sensibles y se redujo el tiempo de la exposición de cinco minutos a cinco segundos, a la par que se dió más estabilidad y visibilidad a la imagen mediante lociones con sales de oro.

La fotografía había quedado definitivamente inventada, y así lo pudo anunciar en 1839 el sabio Francisco Arago a la Academia de Ciencias de París y a la Cámara de Diputados francesa, haciendo resaltar la importancia inmensa y los resultados maravillosos de la invención. Niepce, que murió en 1833, no tuvo la satisfacción de ver el triunfo de la obra en que él había dado el primer paso fundamental.

Pero aunque la fotografía había nacido ya, puede decirse que el invento se hallaba en un estado semejante al de la escritura antes de la invención de la imprenta. El procedimiento de Daguerre, el *daguerreotipo*, como se llamó, además de inconvenientes prácticos, como el precio elevado a que resultaba cada placa y de imperfecciones en la visibilidad de la imagen, tenía la gravísima dificultad de que para cada copia o prueba había que repetir todas las operaciones, ni más ni menos que como, antes de la invención de la imprenta, había que copiar cada manuscrito tantas veces como ejemplares se desease obtener. Esta dificultad es la que resolvió el inglés Fox Talbot, a quien se puede considerar como el Gutenberg de la fotografía.

En 1840, o sea un año después de la divulgación del procedimiento de Daguerre, fué cuando Talbot dió a conocer el suyo.

Desde 1834 trató este investigador de fijar sobre hojas de papel, impregnado de cloruro y ioduro de plata, la imagen obtenida en la cámara obscura. Ya sabemos que la luz, al descomponer estas sales de plata, deja este metal reducido a polvo finísimo en los sitios donde se ha efectuado la descomposición. Talbot, para hacer visible sobre la hoja de papel la plata reducida y, por lo tanto, para revelar la imagen, empleó, en vez de los vapores de mercurio, una solución de ácido gállico. Obtuvo el resultado apetecido, pero con una circunstancia muy curiosa. La plata reducida da, en contacto con el ácido

gállico, una coloración negra intensa, de suerte que se encontró con que, en la imagen revelada, los claros y las sombras aparecían invertidos; por ejemplo: el cielo negro, y los árboles blancos; pero Talbot no se arredró ante estos resultados, pues comprendió que aquella imagen invertida en luces y sombras, que ahora llamamos *negativa*, podía, por simple superposición sobre otra superficie sensible y simple exposición a la luz, suministrar un número indefinido de copias o imágenes ya semejantes al objeto real que había servido de modelo.

No quedaba mas que un problema esencial que resolver: eliminar, antes de sacar de la obscuridad la hoja de papel impresionado, la sal de plata que no había sido alterada por la luz. Esto se consigue sumergiendo dicha hoja de papel en una disolución de hiposulfito de sosa, que disuelve la sal de plata no descompuesta y deja inalterable la plata reducida. Con esto quedó completa la invención de Talbot, o sea la obtención del *negativo*, que es a la fotografía lo que los tipos de imprenta a la escritura.

He aquí, en resumen, cómo ha nacido la *fotografía*, de la que puede decirse que ha tenido tres inventores:

Niepce, que fué el primero que logró fijar la imagen obtenida en la cámara obscura y obtuvo los primeros fotograbados.

Daguerre, que descubrió la existencia de la imagen *latente* en las placas sensibles y reveló dicha imagen.

Y Talbot, que inventó la fotografía sobre el papel y obtuvo el negativo que permite la multiplicación indefinida de imágenes positivas.

Inventada la fotografía, se ve que sus operaciones esenciales son las siguientes:

1.ª *Obtener* en la cámara obscura la imagen de lo que se trata de fotografiar.

2.ª *Impresionar* con dicha imagen una superficie sensible.

3.ª *Revelar* o hacer visible la impresión obtenida.

4.ª *Fijar* o hacer inalterable la imagen que así aparezca y que, por tener invertidos los claros y obscuros, se llama *negativa*.

5.ª *Obtener*, mediante esta negativa, las imágenes *positivas*, en las que la distribución de la luz es igual que en el modelo fotografiado.

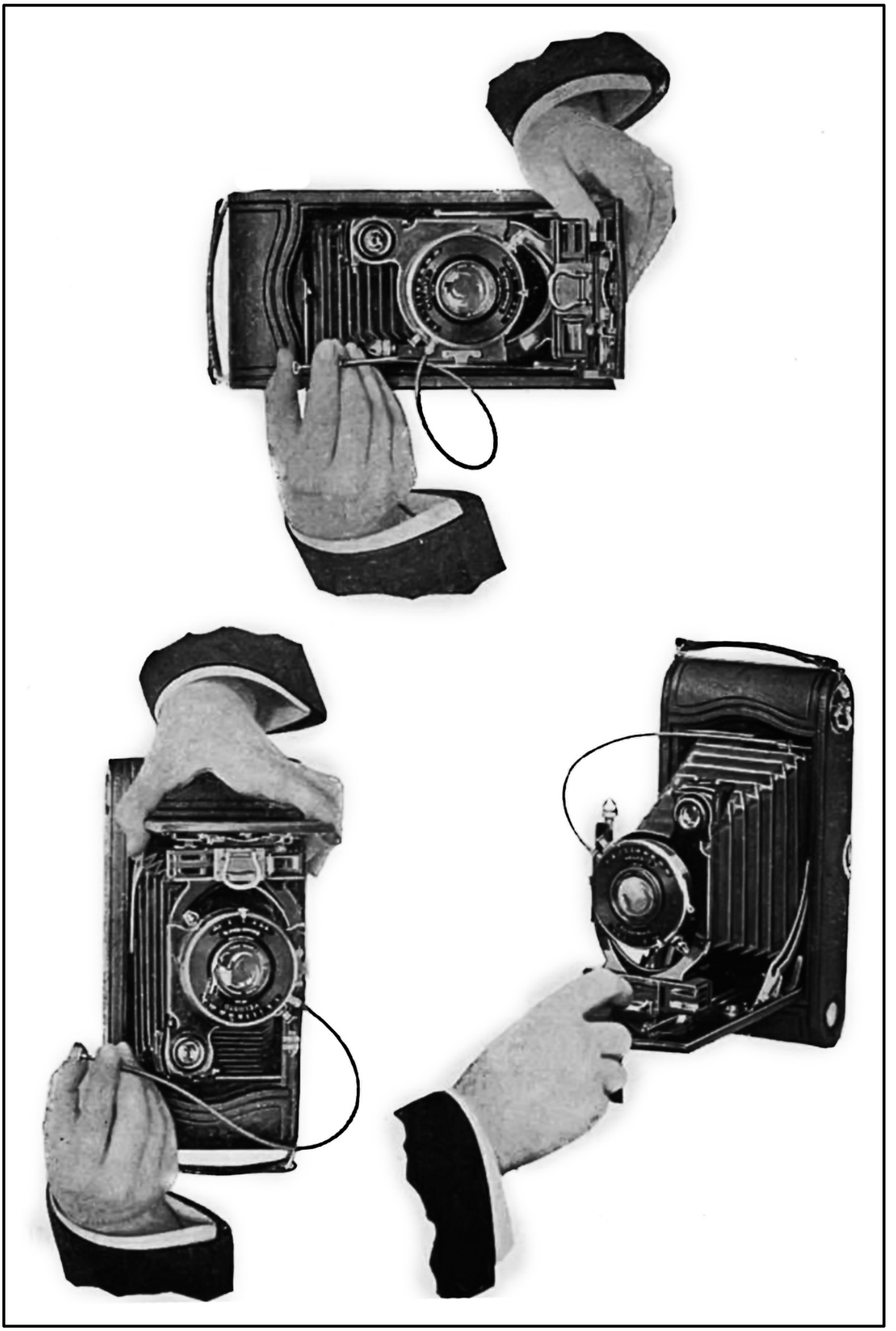
III

PERFECCIONAMIENTOS EN LA QUÍMICA FOTOGRÁFICA

TRAS el procedimiento de Talbot vinieron los perfeccionamientos que han conducido al maravilloso desarrollo adquirido por la fotografía.

Como la superficie del papel siempre es algo granujienta, se pensó en sustituir éste por el vidrio; pero se tropezó con la dificultad de adherir a la superficie de éste los materiales que forman la capa sensible. Para conseguirlo se acudió primero a revestir la lámina de vidrio de una capa de albúmina, y después se recurrió al *colodión*, que es una disolución de piroxilina o algodón-pólvora en una mezcla de alcohol y éter. El colodión es un líquido de consistencia parecida al aceite o al jarabe, y a él se añade un 10 por 100 de una disolución de ioduro y bromuro alcalinos en alcohol. Se vierte el líquido viscoso sobre la cara del cristal que ha de recibir la imagen en la cámara obscura, y después que toda la referida cara ha quedado recubierta del colodión se inclina la lámina de vidrio para que aquél escurra, quedando adherida una capa muy delgada de colodión. Después, el alcohol y el éter no tardan en evaporarse, y queda solamente adherida al vidrio una película uniforme y muy tenue del algodón en mezcla íntima con los ioduros y bromuros alcalinos. Para hacer esta película sensible a la luz se sumerge la lámina de vidrio en una disolución de nitrato de plata, con lo que se produce una reacción química, originándose nitratos alcalinos y ioduro y bromuro de plata, que quedan extendidos sobre la placa de vidrio, formando una superficie muy sensible a la acción de la luz.

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com



Enfocado de cámaras fotográficas. (Sistema Kodak.)

Los resultados obtenidos de este modo eran ya mucho mejores, y el tiempo necesario para que la placa quedase impresionada, muy reducido. Sin embargo, el procedimiento tenía el inconveniente de que había que utilizar las placas recién preparadas y estando éstas húmedas; las manipulaciones consiguientes dejaban en las manos manchas negras, producidas por el nitrato de plata.

A costa de muchos ensayos se corrigieron estos inconvenientes, logrando preparar placas sensibles secas, que se pueden conservar para utilizarlas cuando convenga, transportar en excursiones, etc. Para preparar estas placas secas fué preciso añadir a la capa de colodión una substancia que le permite conservar su permeabilidad y eliminar todo el nitrato de plata que quede impregnando la placa. Esto último se consigue con lavados repetidos y cuidadosos con agua pura, y lo primero empleando como agentes de permeabilidad substancias como la albúmina, la dextrina, el tanino, la goma, la resina y otras. Se vió entonces que la eliminación del nitrato de plata disminuía la sensibilidad de la placa, y para evitarlo se aumentó la dosis de bromuro, disminuyendo la de ioduro, hasta que se llegó a prescindir de éste por completo.

Otros operadores prefirieron formar el bromuro de plata en el colodión por adición del bromuro soluble y el nitrato de plata, eliminando por lavados con agua los nitratos solubles resultantes; y, por último, se llegó a prescindir del colodión, empleando en su lugar una substancia muy permeable, casi insoluble en agua fría, a saber, la gelatina, a la cual se puede incorporar el bromuro de plata, resultando así el procedimiento del gelatinobromuro de plata, que es el que ha reemplazado definitivamente a todos los demás para la preparación de las placas sensibles.

Estas placas de gelatina bromurada son tan sensibles a la acción de la luz que basta una milésima de segundo para que queden impresionadas, y en esto se manifiestan muy bien los progresos conseguidos en esta fase de la fotografía. Para impresionar las placas de asfalto de Niepce se necesitaban horas de exposición; para las placas de Daguerre, algunos minutos; para el papel sensible de Talbot, unos cuantos segundos, y con

el gelatinobromuro se puede obtener esas fotografías instantáneas que permiten registrar los movimientos más rápidos, como la carrera de un caballo, el vuelo de las aves, etc., y esta fotografía de los movimientos es lo que ha dado nacimiento al cinematógrafo con todas sus maravillas.

Paralelamente a los progresos en la preparación de las placas sensibles se ha efectuado el estudio de la acción de los agentes reveladores de la imagen; se han ido encontrando los más activos y el modo más conveniente de aplicarlos. De este modo, el efecto de los vapores de mercurio en las placas de Daguerre y del ácido gállico en el papel sensible de Talbot se ha conseguido, cada vez con más perfección, con el oxalato ferroso, la hidroquinona, el metol, el iconógeno, la pirocatequina, el amidol, el paramidofenol, etc. Se ha visto, además, que todos éstos son cuerpos oxidables, que los químicos llaman *reductores*, y que su acción se puede acelerar o retardar por la adición de otras substancias. Como aceleradores se emplean el hiposulfito de sosa, el iodo y los ioduros, el ácido fórmico, el prusiato amarillo de potasa y el bórax; y como retardadores, el bromuro potásico, los ácidos bórico y cítrico y los boratos y citratos. Si el agente revelador no se usa recién preparado, debe añadirse un cuerpo que impida su oxidación, es decir, que conserve sus propiedades reductoras; el *conservador* que más se emplea es el sulfito de sosa cristalizado, y mejor aún anhidro. Por último, conviene adicionar una substancia alcalina para impedir la acidez, y en este concepto se utilizan la potasa, la litina, la sosa o el amoníaco cáusticos, o bien sus carbonatos y el fosfato sódico tribásico.

De suerte que todo baño revelador ha de contener en disolución un agente revelador, un conservador y un álcali y además substancias aceleradoras o retardadoras, según convenga.

Una vez revelada la imagen negativa hay que proceder a *fijarla*, esto es, a eliminar todas las sales de plata que no han sido descompuestas por la luz en la cámara obscura. Sólo así se podrá sacar a la luz natural la placa que lleva la imagen sin que ésta se altere. Para esta operación se suele emplear, desde los tiempos de Talbot, una disolución de hiposulfito sódico al 20 por 100, en la que se sumerge la placa hasta que desaparezca

por completo el matiz blancuzco que da el bromuro de plata no descompuesto. Después, para dar consistencia a la capa que lleva la imagen y hacerla imputrescible se sumerge en una disolución de alumbre al 8 por 100 ó de formol al 10 por 100, y luego se deseca en local templado y seco.

Con todos estos mejoramientos sucesivos se ha llegado a obtener las negativas con la perfección que muestran hoy día.

Sin embargo, esta perfección no se hubiera logrado si, paralelamente, no se hubiese estudiado la manera de que la imagen proyectada en la cámara obscura no tenga defecto alguno y de que los instrumentos empleados por el fotógrafo actúen con toda precisión y se manejen con gran facilidad.

IV

LA IMAGEN OBTENIDA EN LA CÁMARA OBSCURA

IMÁGENES OBTENIDAS SIN LENTES.—Queda dicho que si se practica un orificio muy pequeño en la pared anterior de una caja que forme una cámara obscura, en la pared opuesta se forma una imagen invertida de los objetos exteriores que se hallan delante. En ésta no hay deformación de ninguna clase: las largas líneas rectas de los monumentos arquitectónicos y las extensas perspectivas se dibujan con una exactitud matemática. No hay necesidad de *enfocar*, es decir, de variar la distancia que medie entre el orificio de entrada de la luz y la pared opuesta donde se dibuja la imagen. De esto resulta que objetos situados a distancias muy diferentes delante de las cámaras se dibujan simultáneamente como si se hubiera enfocado para cada uno de ellos en particular. Esta propiedad es interesantísima en el caso en que haya que fotografiar al mismo tiempo objetos muy próximos y muy lejanos.

Pero la cantidad de luz que penetra por el orificio es tan pequeña que la imagen no resulta de intensidad bastante para impresionar, en un tiempo suficientemente corto, las láminas sensibles empleadas en los primeros períodos de la fotografía. Ha sido menester llegar a la sensibilidad extrema del gelatino-bromuro de plata para que se haya conseguido obtener fotografías en cámaras sin lentes.

Así, pues, sin el auxilio de éstas es seguro que no hubiera nacido la fotografía, ni se hubieran realizado los progresos que quedan reseñados en la preparación de placas cada vez más sensibles. Las lentes, como ya se ha explicado, dan en la cá-

mara obscura imágenes de intensidad lumínica mucho mayor, capaces de impresionar el asfalto y el cloruro y el ioduro de plata de las placas primitivas, y por eso fueron consideradas desde un principio absolutamente indispensables para la fotografía.

Pero al lado de su incuestionable valor presentan las lentes algunas desventajas en cuanto a perfección de la imagen. Para darse cuenta de ello es menester conocer algunas propiedades de la luz y de las mismas lentes.

DESVIACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ A TRAVÉS DE LOS PRISMAS ÓPTICOS.—Si se recibe un haz de rayos solares sobre un trozo de cristal incoloro y de caras inclinadas (lo que los físicos llaman un *prisma)*, se advierte que el haz de rayos cambia de dirección, de tal suerte que los objetos que a través de tal cristal prismático se miren se ven en situación distinta de la que realmente ocupan.

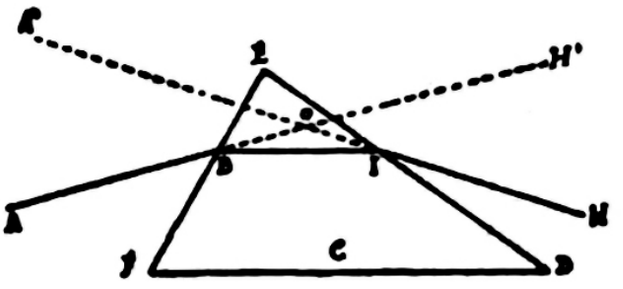


Fig. 4.ª — Desviación o refracción de la luz al atravesar un prisma óptico.

Sea, por ejemplo, el punto A (fig. 4.ª), que emite rayos luminosos en todas direcciones, y uno de estos rayos el AB, que cae sobre la cara EF del cristal prismático C. Ese rayo luminoso, al penetrar por el cristal transparente, en lugar de continuar en la dirección que traía, se desvía y sigue la dirección BI, hasta llegar a la otra cara, ED, del cristal y sale otra vez a la atmósfera. Entonces vuelve a cambiar de dirección y sigue la IH; de suerte que si el ojo del observador recibe este rayo, no ve el objeto A en el sitio en donde realmente está, sino en A', prolongación de la recta HI. El cristal prismático C ha producido, por consiguiente, una desviación del rayo AB, desviación representada por el ángulo AOA', o por su igual HOH'; y se ve que el haz de rayos se ha desviado hacia la parte más gruesa, FD, del cristal. Esta desviación de los rayos luminosos se llama *refracción*.

Pero al mismo tiempo se presenta otro fenómeno muy curioso. Si se recibe el haz de rayos IH sobre una hoja de papel blanco, se ve aparecer en ésta una banda con los colores del iris en la forma que indica la figura 5.ª

A esta banda con los colores del iris la llaman los físicos *espectro solar.*

Si en la hoja de papel donde se ha recibido esta banda se practica un orificio en la sección correspondiente al color rojo, por dicho orificio pasará un haz de rayos exclusivamente rojos; y si este haz se recibe sobre un nuevo prisma, se desviará de su dirección, como en el caso de la figura, pero seguirá siendo rojo. Lo mismo ocurrirá con cualquiera de los demás colores.

Pero si se reciben los siete colores sobre un espejo cóncavo, de los llamados reflectores, este espejo reúne todos los rayos en un foco y en éste reaparece la luz blanca.

Fig. 5.ª—Descomposición de la luz solar cuando atraviesa un prisma.

Se puede también hacer la prueba siguiente: preparar un disco dividido en sectores pintados con los colores del espectro; se le hace girar rápidamente alrededor de su centro y aparecerá blanco, porque, en virtud del breve tiempo que persisten las imágenes en la retina, se juntan en ésta las impresiones de los distintos colores y se obtiene la impresión del conjunto.

De todo esto se deduce que la luz del sol, la que llamamos luz natural o blanca, es una mezcla de los colores del iris, y siempre que todos estos colores afectan simultáneamente la retina, la sensación resultante es la de la luz blanca.

Ahora bien; si este conjunto de rayos encuentra en su camino un cristal prismático y transparente, hemos visto que se desvía de su dirección o se *refracta*, como dicen los físicos; pero la desviación sufrida puede ser mayor o menor, según ciertas circunstancias. Una de éstas es la naturaleza de la materia que forme el cuerpo prismático transparente que atraviese la luz. Hay substancias que desvían ésta mucho, otras que la desvían poco. Otra circunstancia es la naturaleza de la luz. En un mismo prisma y en idénticas condiciones cada color se desvía en grado diferente, siendo los rayos rojos los que sufren menor desviación, y los violados los que la sufren mayor, conforme se muestra en la figura 5.ª, donde se ve el orden que

siguen los diferentes rayos en sus desviaciones. Esto se expresa diciendo que cada color tiene distinta refrangibilidad o poder dispersivo.

Pero los distintos rayos coloreados que reunidos forman la luz blanca no sólo se diferencian unos de otros por su matiz y por su refrangibilidad. Si se hacen actuar sucesivamente sobre un termómetro muy sensible las distintas secciones del espectro se advertirá que la menor temperatura se encuentra en el violado, yendo aumentando progresivamente en el añil, azul, verde, hasta llegar al rojo y aun un poco más allá fuera del espectro, pero del lado del rojo, que es donde se encuentra la mayor temperatura. Si con un fotómetro se determina la intensidad lumínica, se notará que ésta tiene su máximo en el amarillo, disminuyendo de un lado y de otro, según se va hacia el rojo o hacia el violado. Por último, si con una placa fotográfica de las que ya conocemos, sensible a la acción de la luz, se ensaya la intensidad de la acción química, se apreciará que el máximo de acción se produce en el azul violado; los rayos rojos apenas actúan, y la acción de los anaranjados y amarillos es muy débil; en cambio, fuera del espectro, del lado del violado, la acción es muy enérgica.

Conocidas estas propiedades de la luz, se puede explicar toda clase de efectos obtenidos en las lentes.

Las llamadas *convergentes* o cristales de aumento se distinguen por ser más gruesas en el centro que hacia los bordes. Pueden ser de tres formas: o convexas por las dos caras, y se llaman *biconvexas;* o convexas por una cara y planas por la otra, que se denominan *planoconvexas;* o, en fin, con una cara convexa y otra cóncava, más acentuada la curva en la primera que en la segunda, y a las que se llama *meniscoconvergentes.* Cortando cada una de estas lentes por un plano que pase por su centro respectivo se obtienen secciones que se pueden representar por las figuras 6.ª y 7.ª

Las lentes convergentes dan imágenes invertidas y cuyo tamaño con relación al objeto depende de la distancia de éste a la lente. Estas imágenes se dibujarán sobre una pantalla constituída por una hoja de papel blanco, un cristal deslustrado, etc., siempre que esa pantalla se coloque en sitio donde

no reciba más luz que la correspondiente a los rayos que forman la imagen (es decir, en una cámara obscura) y precisamente en el lugar correspondiente a los focos de los diferentes puntos del objeto que manden sus rayos.

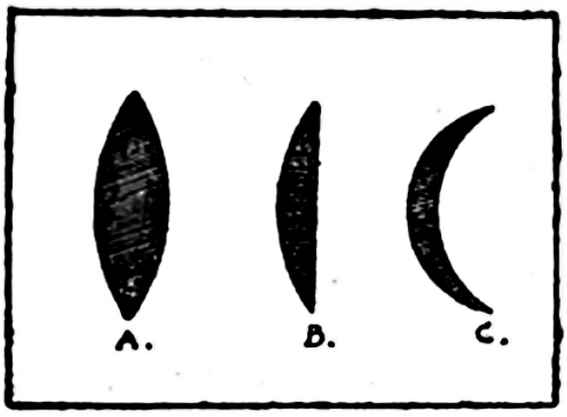


Fig. 6.ª — Secciones de lentes convergentes.

Se comprende, pues, que no se puede rigurosamente enfocar en una lámina plana la imagen, dada por una lente, de un objeto cuyos diversos puntos no estén en un mismo plano, y menos aún se podrá enfocar en una sola lámina las imágenes de cuerpos situados a distancias distintas de la lente, y éste es uno de los defectos de éstas.

Por lo tanto, colocando una lente en el orificio de la cámara obscura *no se puede obtener simultáneamente imágenes nítidas de objetos cercanos y de objetos lejanos.* Si enfocamos para que resulte clara la imagen de los primeros, saldrá confusa la de los segundos, y al contrario.

Otro defecto de las lentes. Si se cubre el contorno marginal de una lente con un cuerpo opaco de modo que no pueda pasar la luz mas que por un círculo pequeño central, las imágenes que con ellas se obtienen ganan extraordinariamente en nitidez.

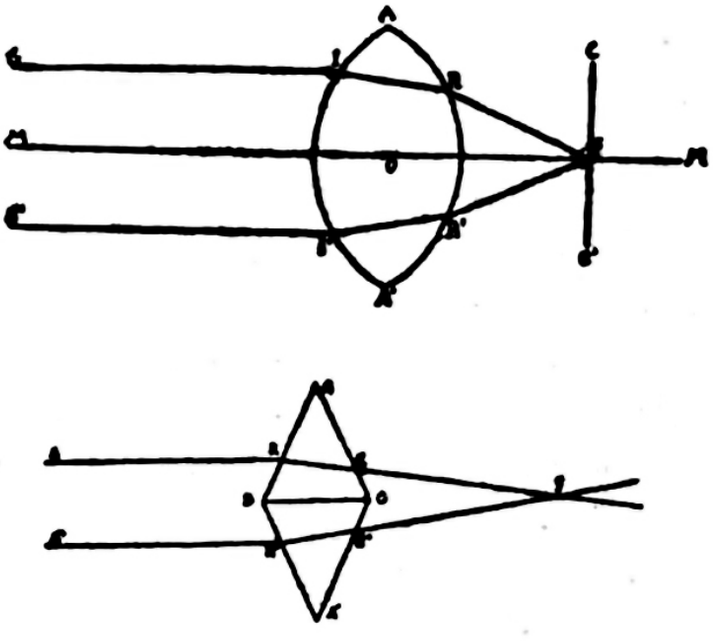
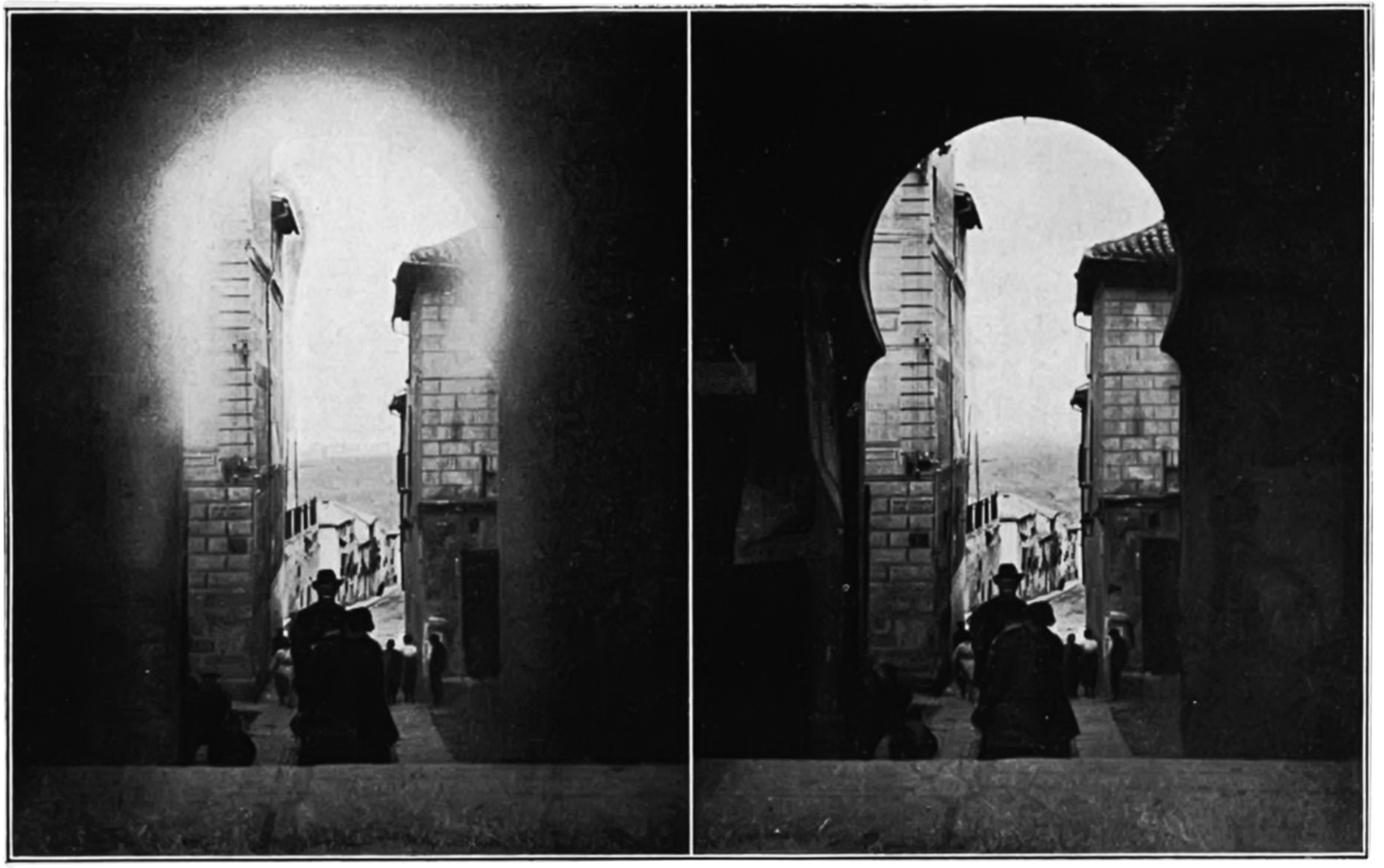


Fig. 7.ª — Secciones de lentes divergentes.

Esto demuestra que la parte central de la lente es la que da imágenes más limpias. La razón es que no todos los rayos que caen sobre la superficie de la lente se reúnen exactamente en el mismo punto, como hemos supuesto. Los que atraviesan las porciones marginales de la lente no convergen en el mismo punto que los que pasan por la región central, y, por lo tanto,



Corrección de los efectos del halo en las placas fotográficas (a la izquierda, sin corregir: a la derecha,corregido).

no concurren a formar la imagen en idéntico plano. Lo que hacen es alterar y hacer confusa la imagen dada por los rayos centrales. Este fenómeno se denomina *aberración de esfericidad*, y es tanto más marcado cuanto mayores son la superficie de la lente y el grueso de ésta. El remedio está en interceptar dichos rayos marginales, es decir, cubrir con un diafragma gran parte de la superficie de la lente, de forma que sólo se deje al descubierto la porción central de la misma, si bien de este modo se quita a la imagen mucha luz.

Pero no son solamente los rayos marginales los que no van a coincidir en el foco después de atravesar la lente; los rayos que lleguen muy oblicuos al eje, aunque pasen por la parte central de la lente, tampoco concurren en dicho punto y producen otra especie de aberración, que se denomina *astigmatismo* y que no se corrige, cual la *aberración de esfericidad*, con la simple aplicación de un diafragma taladrado en su centro.

Sin embargo, colocando el diafragma a alguna distancia de la lente y dando a ésta una forma conveniente se llega a corregir en cierto grado los dos defectos. La mejor disposición es una lente de las llamadas meniscoconvergentes con la concavidad vuelta hacia la luz y con el diafragma a cierta distancia delante de ella.

El remedio, sin embargo, no es completo. En primer lugar, al suprimir mucha luz de la que llega a la lente las imágenes resultan poco luminosas, y además se produce un nuevo género de aberración, que ocasiona una *deformación* de las imágenes.

Tómese como objeto una red formada por dos sistemas de rectas paralelas, que se corten en ángulo recto. La lente sola, aunque sea un menisco, da una imagen confusa, según ya sabemos. Interponiendo entonces un diafragma taladrado entre el objeto y la lente, a alguna distancia de ésta, la imagen se destaca bien, pero las líneas de la red presentan una curvatura especial con la concavidad hacia el centro de la figura y que se acentúa más hacia los bordes. Esta deformación aumenta a medida que el diafragma se separa de la lente. Y si el diafragma se coloca detrás de la lente, o sea entre ésta y la lámina

que recibe la imagen, la deformación cambia de sentido y la curvatura de las líneas presenta su convexidad hacia el centro de la figura.

Otro defecto de las lentes es la llamada *aberración cromática*. Los bordes de las imágenes dadas por las lentes aparecen con ciertas aureolas coloreadas, tanto más perceptibles cuanto más gruesa es la lente. Esto procede de que las lentes, lo mismo que los prismas, descomponen la luz solar en sus siete colores, y cada uno de estos rayos se desvía de su dirección con arreglo a su particular refrangibilidad o poder dispersivo, de modo que los que se desvían más formarán su foco antes, o sea más cerca de la lente, y los que se desvíen menos formarán su foco

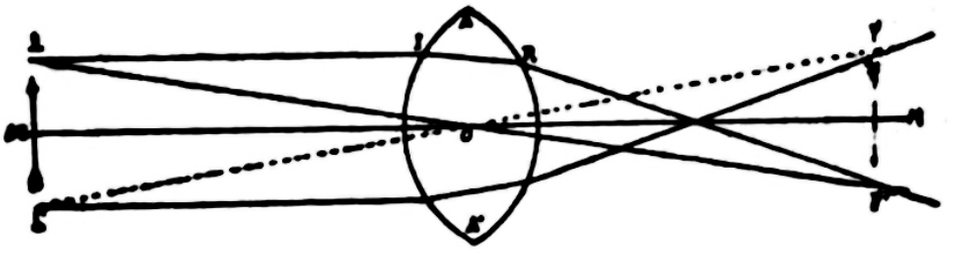


Fig. 8.ª — Focos correspondientes a los diferentes colores del iris.

más lejos. En rigor, para cada rayo de luz blanca resultarán tantos focos distintos como colores, según se muestra, exagerándolo para su mejor comprensión, en la figura 8.ª

Colocando la hoja de papel que recibe la imagen en cualquier punto entre C y D se verá esta imagen, pero teñida más o menos fuertemente hacia los bordes con colores resultantes de la descomposición de la luz blanca a su paso a través de la lente. Así, pues, empleando una lente en la cámara obscura, las *imágenes aparecerán orladas de colores* y, además, *la placa, bien enfocada para la vista*, está, *en rigor, fuera de foco para obtener el máximo efecto de impresión fotográfica.*

Se corrige, por lo menos parcialmente, este defecto empleando, en vez de una lente sencilla, un juego de lentes formado de una lente convergente y otra divergente, de suerte que una contrarreste los efectos de la otra. El sistema constituído por estas dos lentes reunidas debe ser tal que resulte más grueso en el centro que en los bordes, pues de lo contrario no habría convergencia y, por lo tanto, no habría foco ni

formación de imágenes. Pero aunque se produzca la necesaria desviación de los rayos de luz blanca, la cuestión es que no haya *dispersión* o *descomposición* de esta luz. Esto se consigue si la substancia de que está hecha la lente divergente tiene distinto poder dispersivo que la que constituya la lente convergente. El vidrio fabricado a base de álcali se denomina técnicamente *crown*, y el fabricado a base de plomo se llama *flint*. Estas dos clases de vidrio tienen distinta densidad y, en igualdad de circunstancias, distinto poder dispersivo, pues el *flint* separa mucho más los colores del espectro que el *crown*. Se comprende, pues, que se podrá asociar una lente divergente de *flint* y una convergente de *crown*, de modo que para contrabalancear el exceso de poder dispersivo de la primera con la segunda haya que dar a esta última más convexidad que concavidad tiene la primera, con lo que se habrá evitado el efecto de la descomposición de la luz blanca; pero quedará un sistema óptico convergente, porque, en definitiva, domina la convexidad. Este sistema se llama *acromático*, porque prácticamente evita la aparición de los colores. En rigor, con dos lentes no se hace desaparecer por completo mas que dos colores.

La corrección de la *aberración cromática* ha impuesto, pues, el uso de estos sistemas de dos lentes, y como la aberración de esfericidad es también de sentido contrario en las lentes convergentes y en las divergentes, resulta que será siempre posible, asociando dos lentes de cada uno de estos tipos, fabricadas con vidrios de poderes dispersivos distintos y con curvaturas adecuadas, obtener un sistema óptico convergente, pero en el que quede corregida la aberración de esfericidad, es decir, que sea *aplanático* y perfectamente acromático para dos colores, lo cual es suficiente. Este sistema con forma de menisco y provisto de un diafragma constituyó el primer *objetivo* usado por los fotógrafos en lugar de la simple lente convergente, y con él quedaban atenuados los defectos que ésta presenta.

Empleando tres lentes en lugar de dos, para formar el *objetivo*, se obtienen mejores correcciones y se puede agrandar el diafragma y aproximarlo al sistema óptico. Según que la terce-

ra lente esté unida a las otras dos, formando todas un solo cuerpo, o separada, se construyeron dos tipos distintos de objetivos de los llamados *simples*, con los que se obtuvieron resultados muy notables, aunque la deformación de la imagen producida por el diafragma no se corrigiese por completo. Pero esto se ha logrado empleando un *objetivo doble*, formado por la combinación de dos sencillos, y colocando el diafragma entre ellos se obtienen deformaciones en sentido inverso, que, por lo tanto, se anulan.

El objetivo doble tiene, además, la ventaja de que para la misma distancia focal exige en las lentes curvaturas menos pronunciadas que en el objetivo simple y, por lo tanto, todas las aberraciones son menores y más fáciles de corregir. Por otra parte, la forma y la distancia de los dos sistemas de lentes que constituyen el objetivo doble pueden variar según el fin que el fotógrafo se proponga. Si se quiere abarcar mucho campo, hay que aproximar las lentes y aumentar su curvatura; si, por el contrario, se desea obtener un retrato, se disminuye la curvatura y se separan las lentes, con lo que se disminuye el campo, pero la imagen gana.

De este modo han resultado diferentes tipos de objetivos dobles, en los que quedan corregidas bastante bien todas las aberraciones, aunque no completamente el astigmatismo. Pero en los últimos años los constructores de lentes se han dedicado a fabricar pastas de vidrio de distintas clases, estudiando sus respectivos índices de refracción y poder dispersivo, confeccionando sistemas de lentes en los que, por la combinación de las propiedades ópticas de las pastas y las curvaturas de las lentes, se consiguen resultados excelentes. Tales son, por ejemplo, los objetivos construídos por C. Zeiss, de Jena, que han recibido el nombre de *anastigmáticos*, para indicar que, además de evitar las aberraciones de esfericidad y cromática, corrigen de una manera especial el astigmatismo.

Ya en esta vía se han ideado muchos tipos de objetivos, algunos con tres combinaciones en lugar de dos, y con todos ellos se ha llegado a una notable perfección en la imagen.

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

V

EL MATERIAL FOTOGRÁFICO

CAMARA OBSCURA.—Los modelos de cámara obscura son numerosísimos, pero pueden agruparse en dos clases: portátiles o de viaje, y no portátiles o de galería. Hay algunos modelos que, con muy ligeras modificaciones, pueden acomodarse a uno y otro uso. Sus condiciones esenciales son: que no admitan luz alguna mas que la que penetre por el objetivo y que sean perfectamente rígidas.

Todas ellas tienen: una base, que les da la rigidez; dos marcos verticales, uno anterior, que forma cuerpo con la base y destinado a recibir el objetivo, y otro posterior, que, por diversos mecanismos, puede aproximarse o separarse del primero y al que se acomoda el cristal esmerilado o la placa sensible; un fuelle de material opaco, que une los dos marcos entre sí y que limita un espacio en donde sólo penetra la luz que atraviesa el objetivo.

En condiciones normales los dos marcos deben mantenerse perfectamente paralelos uno a otro, y el objetivo situado de modo que su eje sea perpendicular al plano del cristal esmerilado o de la placa sensible, y estas condiciones deben conservarse mientras el marco posterior se adelanta o se atrasa para enfocar. Para obtener precisión en las líneas es necesario que el aparato esté nivelado de modo que el eje óptico del objetivo pase por el centro del objeto que haya de fotografiarse y que el plano del cristal o de la placa sea absolutamente paralelo al del objeto. Para llenar estas condiciones las cámaras deben llevar un nivel, siendo el mejor el que se usa para las balanzas de precisión; además, es menester que el objetivo pueda

descentrarse bastante en sentido vertical y que el plano focal (cristal esmerilado o placa sensible) se pueda mover de suerte que resulte paralelo al del modelo. El cristal esmerilado debe llevar grabadas dos escalas perpendiculares entre sí, divididas en milímetros, y un cuadriculado en centímetros, y así podrá apreciarse rápidamente el paralelismo entre el objeto que ha de fotografiarse y la cámara.

CHASSIS.—Es el aparato que contiene la placa sensible que se ha de colocar en la cámara en sustitución del cristal esmerilado después que con éste se haya enfocado.

El chassis es una caja muy aplanada, provista de una puertecilla de corredera, llamada tapa del chassis. El interior de la caja está formado por un alojamiento, en donde encaja la placa sensible, que se sujeta con pestillos pequeños de cobre. La colocación de la placa sensible en el chassis se efectúa en una habitación iluminada con luz roja, pues los rayos de este color no actúan sobre la placa sensible.

Después de haber enfocado la imagen sobre el cristal esmerilado se retira éste, que va empotrado en un marco adecuado, y en su lugar se coloca el chassis. En el momento en que se quiere que la imagen se dibuje sobre la placa sensible y ésta quede impresionada se levanta o se corre lateralmente la tapa del chassis, y la placa sensible queda al descubierto.

Hay varios géneros de chassis: de tapa, de cortina y múltiples. Los primeros, que son los más empleados, pueden ser sencillos y dobles; éstos últimos llevan dos placas, espalda con espalda y separadas por un tabique opaco. Pueden ser de cartón forrado de tela barnizada, de madera sin forrar o forrada de tela. También se hacen de metal, especialmente de aluminio, que es poco pesado y poco alterable. Los chassis múltiples son cajas que contienen varias placas, que se pueden ir sustituyendo unas a otras mediante mecanismos sencillos, para impresionarlas sucesivamente.

La introducción de los procedimientos peliculares en la fotografía ha conducido a preparar chassis especiales para las películas. Los modelos de estos aparatos se remontan a los tiempos en que se operaba con papel sensibilizado. Abandonados después, vuelven ahora a estar en uso, convenientemente

perfeccionados. El *chassis de rodillos* está destinado a la impresión de tiras de papel o de celuloide, de gran longitud y sensibilizadas para el caso.

OBTURADOR.—Una vez que con el cristal deslustrado se ha enfocado la imagen, debe cubrirse o taparse el objetivo, antes de que se haya colocado en posición la placa sensible, para que sobre ésta no actúe la luz mas que cuando convenga y durante el tiempo que se considere preciso. Se intercepta la luz por medio de los obturadores. El primitivo y más sencillo es el llamado de tapa, que es, en efecto, una tapa de quita y pon, muy usado aún en las galerías o talleres de fotógrafos para retratos, porque permite al operador actuar en el momento deseado sin apartar los ojos del modelo y siendo dueño absoluto de la duración de la exposición.

Pero desde la aparición de las placas de gelatinobromuro de plata, con su sensibilidad extraordinaria, los obturadores han adquirido una importancia capital, puesto que la luz no ha de actuar sino instantes tan pequeños que en muchos casos no llegan ni a milésimas de segundo. Se comprende que para esto ha de emplearse mecanismos muy delicados y precisos, habiéndose ideado muchos sistemas.

Forman éstos dos grandes grupos, caracterizados por el modo de abrirse, según sea lateral o centralmente. Cada uno de estos grupos comprende muchas subdivisiones, según el mecanismo o modo de actuar, la forma de la abertura y el emplazamiento o lugar en que ha de colocarse. Lo que con el obturador se trata de conseguir es que la luz actúe el brevísimo tiempo deseado en cada caso y que todas las porciones de la placa hayan estado rigurosamente bajo igual exposición. Para lograr esto, según sea el tipo del obturador, éste hay que colocarlo delante del objetivo o en el interior del objetivo, es decir, entre las lentes que forman éste (fig. 9.ª), o bien, en fin, detrás del objetivo. Todos ellos funcionan con mecanismos muy precisos, con los que se consigue descubrir rapidísimamente, exponer el tiempo deseado y cerrar bruscamente también.

DIAFRAGMAS.—Ya se ha visto que los objetivos fotográficos van provistos de tabiques o diafragmas, perforados en su cen-

tro, que al detener los rayos marginales y los muy oblicuos al eje óptico corrigen la aberración de esfericidad y, en cierto grado, el astigmatismo; pero hay además otros diafragmas que tienen por objeto determinar, en cada caso, la cantidad de luz que haya de atravesar el objetivo, con otras consecuencias que de este hecho resultan. De todos estos diafragmas, el más generalizado y conocido es el llamado *Iris*, porque, a semejanza del tabique que lleva este nombre en el ojo humano, puede cambiar instantáneamente el diámetro de su orificio central, de su *pupila*, conforme convenga a los fines del operador. Para ello está formado de una serie de piezas metálicas que, al girar, aumentan o disminuyen (según el sentido del giro) la abertura central, exactamente lo mismo que en el iris del ojo humano se dilata o contrae la pupila.

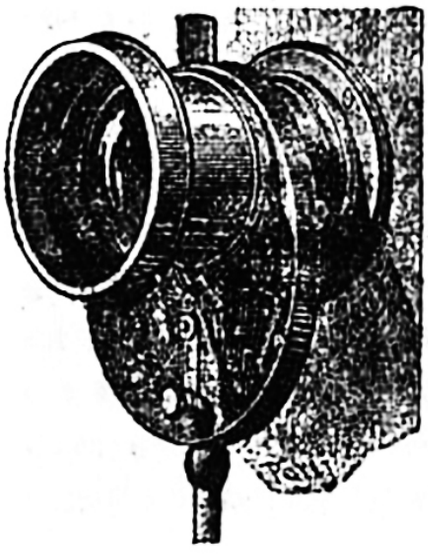


Fig. 9.ª — Modelo de obturador.

Además de servir para determinar la intensidad de la iluminación, los diafragmas tienen otras funciones importantes, a saber: 1.°, interceptar los rayos muy oblicuos que producen la aberración de esfericidad; 2.°, aumentar lo que se suele llamar *profundidad del foco*, es decir, que permiten el que se pueda enfocar simultáneamente cuerpos que estén en planos distintos; 3.°, extender el área de la porción de placa perfectamente impresionada; 4.°, dar uniformidad a la iluminación de toda la placa, pues sin diafragmas o con diafragmas muy abiertos el centro de la imagen resulta más iluminado que las porciones marginales, y 5.°, corregir, por lo menos parcialmente, la *curvatura del campo*.

MIRAS, BUSCADORES O VISORES.—Son unos aparatitos anejos a la cámara obscura y que sirven para mostrar el campo que abarca el objetivo de aquélla. Son muy útiles en la fotografía instantánea para apreciar y aprovechar el momento en que el modelo se presenta en el campo del objetivo. Son indispensables en las cámaras de mano, en las que el enfocado no se efectúa por medio del cristal deslustrado.

Algunos de estos aparatitos consisten simplemente en una

lente biconvexa o en un prisma tallado de un modo especial; otros vienen a ser una cámara obscura minúscula; y los hay que llevan un marco con alambres cruzados, que se desliza sobre una guía y que encuadra el campo visual (fig. 10).

PIES O SOSTENES.—Toda cámara, aun las de mano, requieren un sostén, cuando la exposición ha de durar más de medio segundo. El soporte más sencillo puede consistir en un bastón con una especie de mango en ángulo recto, como en las muletas, aplanado por su cara superior. Lo más general, sin embargo, es un trípode muy ligero, que se arma y monta con mucha facilidad, y que lleva sobre su parte superior una mesilla sobre la cual se asienta la cámara. Se construyen con arreglo a modelos bien determinados; pero son tan conocidos que no necesitan descripción alguna. Su condición especial es que se mantengan rígidos una vez montados y que permitan levantar más o menos la mesilla donde se asienta la cámara, hasta dar a ésta la altura conveniente. Esto se consigue apartando más o menos las zancas del trípode. Con sencillos mecanismos se impide después que éstas varíen de posición. Un nivel apropiado sirve para colocar debidamente el aparato. Para las cámaras no portátiles, destinadas a trabajos de taller o galería, los sostenes son más sólidos y su disposición varía según las conveniencias; pero deben tener siempre las dos condiciones señaladas de rigidez y de posibilidad de variar fácilmente la altura de la cámara, así como la de conseguir la perfecta inclinación de ésta.

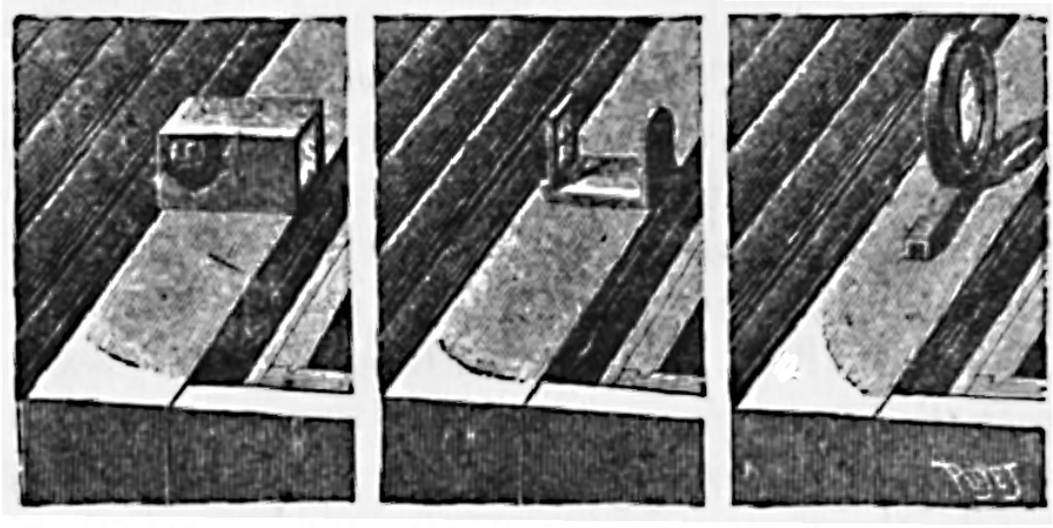


Fig. 10.—Diferentes modelos de visores.

EL LABORATORIO DEL FOTÓGRAFO—Debe constar de dos habitaciones: una destinada a las diversas manipulaciones con

las placas, papeles o películas sensibles, carga y descarga de los chassis, y revelado y fijado; otra en la que se efectúan los lavados de los clichés, refuerzos, virado de pruebas, etc., etc.

La primera de estas piezas debe estar dispuesta de modo que cuando en ella se trabaje no haya más luz que la dada por rayos rojos. Para ello conviene que las paredes y parte interior de las puertas y ventanas (si alguna de éstas existe) estén pintadas de negro o recubiertas de papel o tela de este matiz, y es preciso tapar cuidadosamente todos los resquicios con mastique negro o con tiras de papel también negro. La luz roja se puede obtener, o bien por una abertura que dé al exterior y en la cual se coloca un doble cristal rojo, o bien por una lámpara de cualquier clase, pero a la cual se provea de una envoltura que lleve igualmente cristal rojo.

En esta pieza, llamada *cuarto obscuro*, debe disponerse, además, de agua en abundancia, que se utilizará por un grifo en forma de regadera. No se puede emplear agua de mar, ni la que esté alterada por residuos de fábricas o muy cargada de materias orgánicas; tampoco son convenientes las muy calcáreas. Adosadas a las paredes y a altura apropiada van tablas, a modo de mesas de trabajo, para las cubetas de los baños, secaderos de las placas, etc., y, en general, para efectuar todas las manipulaciones que allí han de ejecutarse. Es corriente construir muebles y utensilios adecuados para mayor comodidad y perfección en todas estas operaciones.

La segunda pieza, donde se hacen los lavados, refuerzos, desecación de clichés y obtención de las pruebas positivas, debe estar contigua, a ser posible, al cuarto obscuro, y en ella es donde se preparan las disoluciones y se tienen bien clasificados los productos que usa el fotógrafo. En ella ha de disponerse igualmente de agua abundante, con una artesa, desagüe fácil, mesas o tableros de trabajo, etc.

La *galería o taller* es elemento indispensable para el fotógrafo de profesión, pero del que puede prescindir el simple aficionado. Su disposición obedece a ciertas reglas muy conocidas y a condiciones relativas a la iluminación, colocación del modelo, etc., en las que la práctica y el buen gusto tienen influencia decisiva.

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

VI

CÓMO SE TOMA UNA FOTOGRAFÍA

PARA tomar una fotografía hay que practicar las operaciones siguientes:

1.ª Cargar los chassis. Esta operación consiste en proveerlos de placas sensibles y se practica en la habitación obscura, es decir, bajo luz roja. La placa se debe colocar de modo que la cara mate, o sea la que lleva la capa sensible, quede mirando a la tapa del chassis.

2.ª Acomodar y orientar la cámara obscura, de modo que el plano donde se va a formar la imagen sea paralelo al plano del modelo que se trata de fotografiar.

3.ª Enfocar, esto es, obtener sobre el cristal deslustrado de la cámara una imagen lo más clara posible del modelo.

En las cámaras de mano esta operación y la anterior se auxilian por medio de la mirilla o visor.

4.ª Cubrir el objetivo, sea con la tapa ordinaria, sea cerrando el obturador, y reemplazar el cristal deslustrado por el chassis que lleva la placa.

5.ª Descubrir la placa separando la tapa del chassis.

6.ª Descubrir el objetivo, quitando su tapa o abriendo el obturador, y, descubierto el objetivo, dejando la placa sensible *expuesta* a la acción de la luz el tiempo que se considere necesario. La duración de la exposición es un factor importantísimo y depende del objetivo que lleve la cámara, de la abertura del diafragma, de la sensibilidad de la placa, de la naturaleza de los objetos que han de fotografiarse, de la iluminación de estos objetos, de su poder fotoquímico, de su distancia y de la energía del revelador que después se emplee.

La rapidez con que actúa el objetivo depende de su abertura y de su distancia al focal principal. El objetivo más rápido es el que a mayor abertura, o sea mayor superficie de lente, reúne distancia focal más corta.

Respecto al diafragma, hay que consignar que cuanto menor sea su orificio más debe aumentarse el tiempo de la exposición, porque menor cantidad de luz deja penetrar.

En lo relativo a la sensibilidad de las placas, ya se ha visto cómo se ha ido progresando en su preparación, hasta el punto de que las superficies actuales, formadas con gelatinobromuro de plata, tienen una sensibilidad tal que quedan impresionadas, en ciertas condiciones, en una cienmilésima de segundo, lo cual ha permitido lo que se llama *fotografía instantánea*. Pero es claro que esta sensibilidad depende también de la intensidad y naturaleza de la luz que ilumina el objeto fotografiado.

Para apreciar estas condiciones de la luz, nuestra vista no es buen juez, porque, según ya queda explicado, los rayos que más nos impresionan no son los que más acción química ejercen, y estos últimos son los que tienen importancia en fotografía. Se han ideado fotómetros y actinómetros, aparatos que miden la luminosidad los primeros y el poder químico de una luz los segundos; pero sus indicaciones dejan mucho que desear, siendo de más valor las observaciones de una larga práctica, respecto a la acción de la luz, según las horas del día, las estaciones del año y la orientación, tratándose de la luz natural; según la naturaleza del foco luminoso (lámparas eléctricas de incandescencia, de arco voltaico, de gas, de petróleo, de magnesio, etc.) y, en fin, según los colores de los objetos.

Resulta que en los objetos diversamente coloreados no corresponde la intensidad de la sensación visual (que depende de la potencia lumínica) con la intensidad con que impresionan las placas sensibles; es decir, que el efecto que se obtiene al fotografiar objetos de color es diferente del efecto que los mismos objetos producen a la vista humana. Las placas fotográficas corrientes son sensibles solamente a los colores azules y violáceos; por consiguiente, las porciones de los objetos que presenten dichos colores aparecerán en la fotografía como bien iluminadas, mientras que las porciones amarillas, anaranjadas y

rojas aparecerán sombrías, aun cuando a nuestra vista nos impresionen como espléndidamente iluminadas.

Pero si se incorpora a una placa sensible ordinaria una débil cantidad de una materia colorante, la acción de los distintos colores de la luz sobre dicha placa resulta profundamente modificada. Así, pues, por la adición de materias colorantes a la substancia sensible con que se preparan las placas es posible obtener imágenes ortocromáticas, o sea imágenes que reproduzcan la intensidad de las distintas porciones del objeto con su justo valor, de tal suerte que la gama de tonos de la prueba final reproduzca, en monocromo, todos los colores con su valor relativo de luminosidad. Interponiendo una pantalla coloreada entre la placa sensible y el objeto que se trata de fotografiar se puede disminuir la acción de ciertos rayos; una pantalla amarilla, por ejemplo, disminuye la acción de los rayos azules. Estas pantallas de color reciben el nombre de *filtros de luz.*

Las placas preparadas con emulsiones que sean sensibles a todos los colores se llaman *pancromáticas;* si a estas placas se anteponen filtros de luz en conformidad con la gama de colores que presente el original, se tendrá una prueba fotográfica, que representará en blanco y negro todos los tonos del objeto con la misma gradación que se ofrecen en éste a nuestra vista. Los filtros de luz sirven para rebajar la acción demasiado intensa de los rayos azules y violáceos, de modo que las porciones correspondientes en la prueba aparecen con la tonalidad relativa que a la simple vista les es propia. Estos filtros son de varias clases y se graduan, lo mismo que el tiempo de exposición, según los casos. Las láminas que acompañan a estas páginas muestran los diferentes efectos que se obtienen con un mismo original empleando las placas corrientes y utilizando las placas pancromáticas con los filtros de luz adecuados.

En general, cuanto menos intensa sea la iluminación más larga debe de ser la exposición. Si la iluminación fuese escasa, como sucede, por lo común, en los interiores, es práctico recurrir a la luz artificial que da la combustión del magnesio en cintas delgadas o polvo. Si el modelo presenta muchos contrastes conviene alargar la exposición y se obtendrá una prueba menos dura, más uniforme.

7.ª Terminada la exposición, se recubre el objetivo, poniéndole la tapa o cerrando el obturador, y en seguida se corre la tapa del chassis que recubre también la placa sensible.

8.ª Se saca el chassis de la cámara y se mantiene bien cerrado hasta que se lleve a la pieza obscura del laboratorio para revelar.

REVELADO DE LA IMAGEN.—En su lugar oportuno se ha expuesto ya la acción química reductora que ejercen los agentes llamados reveladores, es decir, los cuerpos que ennegrecen las porciones de la placa sensible donde ha actuado la luz. Se ha dado una enumeración de los reveladores empleados y de las substancias que al mismo tiempo se emplean como *aceleradores* o *retardadores* de la acción del reductor y como *conservadores* de éste. Con estos cuerpos se preparan disoluciones a las que se añade una materia alcalina, para que actúen mejor los agentes reveladores, y estas disoluciones constituyen los baños donde se sumergen las placas que se tratan de revelar. La operación se practica en el cuarto obscuro, empleando la luz roja.

Son varias las fórmulas usadas para preparar los baños reveladores, y se emplea unas u otras, según la naturaleza de la placa sensible, la índole del modelo que sirvió para obtener la imagen, etc., etc.

Para revelar las placas de gelatinobromuro de plata, los baños más usados son los siguientes:

BAÑOS DE ACIDO PIROGÁLLICO

Reductor	Acido pirogállico	10 gramos.
	Agua destilada	100 c. c.
Preservador	Sulfito sódico	25 gramos.
	Agua destilada	100 c. c.
Acelerador	Carbonato sódico	25 gramos.
	Agua destilada	100 c. c.
Retardador	Bromuro amónico	10 gramos.
	Agua destilada	100 c. c.

Estas disoluciones se hacen separadamente y se mezclan en proporciones variables, con arreglo al tiempo que haya durado

la exposición. El baño de ácido pirogállico tiene el inconveniente de manchar los dedos si no se toman muchas precauciones.

BAÑO AL PIRAMIDOL

Piramidol	12	gramos.
Sulfito sódico	200	—
Carbonato sódico	200	—
Agua destilada	1.000	—

BAÑOS DE HIDROQUINONA Y METOL

Hidroquinona	7,5	gramos.
Metol	5,0	—
Sulfito sódico anhidro	150,0	—
Carbonato potásico	40,0	—
Agua destilada	1.000,0	—

Hay que tener cuidado al manipular con el metol, porque irrita la piel.

Respecto a la rapidez con que actúan los diferentes reveladores, se da la siguiente tabla:

Mezcla de hidroquinona y metol	1 1/2	minutos.
Acido pirogállico	1 3/4	—
Metol solo	1 7/8	—
Ortol	2	—
Hidroquinona sola	5 1/2	—

Cuanto más rápido es en su acción un revelador, mayor es su eficacia.

Después de revelado el cliché se lava con el mayor cuidado, siempre operando bajo la luz roja, y después se procede a fijarlo.

FIJADO DEL CLICHÉ.—Esta operación tiene por objeto disolver la sal de plata no reducida por la luz y dar transparencia al cliché en los sitios donde la luz no ha actuado. Sólo después de esta operación podrá sacarse la placa a la luz natural, sin temor de que se altere. Se emplea para esto una disolución de hiposulfito sódico en agua al 20 por 100. El cliché debe man-

tenerse sumergido en este baño hasta que haya desaparecido el aspecto blancuzco que le da la presencia de bromuro de plata no reducido. Se asegura la conservación del baño de hiposulfito añadiéndole 50 gramos de bisulfito sódico por litro.

Después de fijado se debe lavar bien el cliché con agua para eliminar el hiposulfito. Para dar dureza y resistencia al cliché y hacerlo imputrescible se le pasa por una disolución de 8 gramos de alumbre ordinario en un litro de agua, o por un baño formado por disolución comercial de formol diluída en diez veces su volumen de agua. Al cabo de cinco minutos de sumersión se saca el cliché y se lava y relava cuidadosamente antes de ponerlo a secar en un lugar templado, seco y al abrigo del polvo. En casos apremiantes se puede desecar el cliché pasándole al formol y calentando después, o también mojándole con alcohol muy concentrado y calentándole a un calor suave.

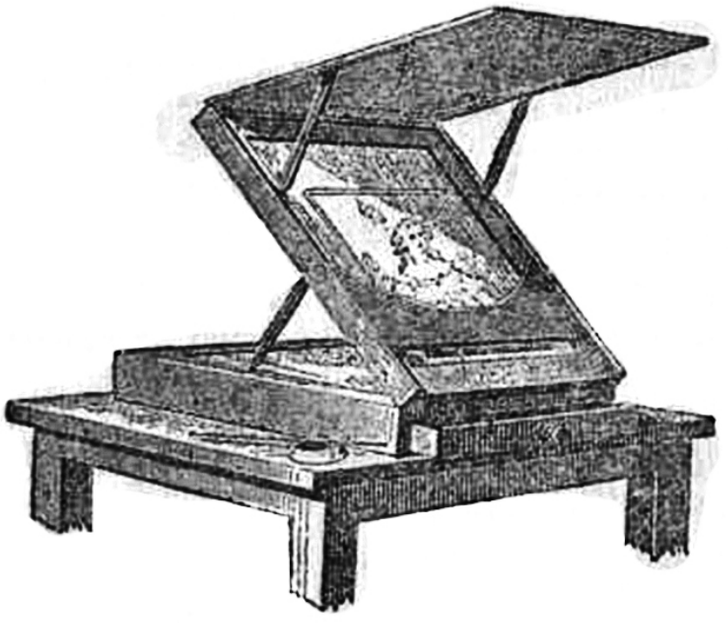


Fig. 11.—Pupitre de retocar.

Cuando el cliché resulta falto de intensidad se *refuerza* sumergiéndole en agua unos minutos y después se le introduce en un baño de 5 gramos de bicloruro de mercurio y 100 de agua, manteniéndole en él hasta que blanquee tanto más cuanto más se le quiera reforzar. Se lava con esmero y se sumerge en una disolución de 10 gramos de amoníaco en 100 gramos de agua. Cuando la prueba tiene el vigor apetecido se lava y se deja secar.

Por el contrario, si el cliché ha resultado muy intenso y se desea *debilitarlo* se hace uso de una mezcla de una disolución acuosa de prusiato rojo de potasa (ferricianuro potásico) al 5 por 100 y de otra disolución, también acuosa, de hiposulfito sódico al 5 por 100. Esta mezcla se prepara en el momento en que haya de usarse, y su acción es tan rápida y enérgica que conviene sacar con frecuencia el cliché de este baño y lavar

Placa ordinaria. Efectos de las placas pancromáticas Placa pancromática.

para observar el efecto producido. Obtenido el que se busca, se saca definitivamente, se lava con esmero y se deseca.

Terminada la preparación del cliché se le protege con un barniz en caliente o en frío o se le recubre con una capa de colodión normal al 1 por 100.

Si el cliché tiene algunos defectos, antes de utilizarlo para obtener las pruebas positivas se *retoca*, es decir, se procura corregir esos defectos, para lo cual se hace uso de lápices, de pinceles muy finos, de esfuminos, etc., con el fin de quitar pecas, suavizar los contrastes entre los claros y las sombras, etcétera. Esta operación se practica colocando el cliché sobre una lámina de cristal esmerilado en un aparato que se llama *pupitre de retocar* (fig. 11).

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

VI

OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES POSITIVAS

Se ha visto que el cliché o copia negativa es una copia fiel del original, pero con tonos invertidos. Si, pues, se expone a la acción de la luz una placa sensible (como las que han servido para obtener la negativa), pero interponiendo el cliché negativo, la luz, atravesando por los claros de éste, dará los negros en la nueva placa, y detenida por las partes opacas producirá los blancos. En la segunda placa, sometida a la misma operación del revelado, fijado, etc., aparecerán, por lo tanto, los tonos en la misma disposición que en el modelo. La imagen así obtenida se llama positiva.

Inmediatamente se advierte que con un solo cliché negativo es posible obtener cuantas positivas se desee, pues no hay mas que ir repitiendo sucesivamente la misma operación con las placas sensibles que se quiera, colocando éstas, una a una, tras el cliché negativo. También puede conseguirse de otros modos la multiplicación de positivas, y por eso los varios métodos de preparar éstas se dividen en dos grandes grupos: uno que comprende procedimientos absolutamente fotográficos, o sean aquellos en los que la acción de la luz es necesaria para la obtención de cada una de las pruebas positivas, y otro constituído por procedimientos fotomecánicos, en los que la luz no interviene mas que para la preparación de una matriz, de la que después se sacan copias a máquina, por las operaciones ordinarias de la litografía, tipografía o grabado.

PROCEDIMIENTOS FOTOGRÁFICOS.—Como se conocen muchas substancias sensibles a la acción de la luz, es posible preparar láminas de muy diferentes clases para obtener las *fotoco-*

pias positivas; pero las operaciones más empleadas són las que tienen por base las sales de plata, de platino, de hierro y de cromo.

Empleo de las sales de plata.—El uso de las sales de plata ha dado origen a varios métodos: unos, en los que la imagen positiva aparece visible directamente; otros, en los que es necesario revelarla. En el primer grupo están los procedimientos en que se emplea el cloruro de plata sobre papel previamente salado o albuminado, o se recubre el papel de colodión o de gelatina, que lleva en emulsión la sal de plata.

El *papel salado* se prepara sumergiendo las hojas durante tres a cinco minutos en una disolución de sal común al 3 por 100; se deseca y se introduce después en una disolución de nitrato de plata al 10 por 100. Se deseca y queda dispuesto para el uso, conservándolo al abrigo de la luz.

El *papel albuminado* se obtiene en el comercio, pero su preparación es muy sencilla.

Operando bajo luz roja, se corta el papel (sea el salado, sea el albuminado) en piezas del tamaño que se desee y se coloca cada una de éstas bajo el *cliché negativo* en un chassis-prensa. Así se expone a la luz del día, y la imagen positiva va apareciendo poco a poco. Obtenida ésta, se pasa al cuarto obscuro, donde, siempre bajo la luz roja, se saca del chassis-prensa y se lava bien en agua pura; después se pasa a un baño formado por:

Cloruro doble de oro y de potasio.....	1 gramo.
Creta en polvo.....	5 —
Agua.....	1.000 —

La sumersión en este baño, ligeramente tibio, tiene por objeto practicar el *virado*, operación en la que una parte de la plata de la prueba es reemplazada por oro metálico, que asegura mayor estabilidad a la fotocopia positiva y le da una tonalidad más agradable. El oro se deposita inmediatamente sobre las superficies de la prueba y hace virar el tono de ésta, pasando del rojizo al pardo, al sepia, al negro, al azul, al violáceo, pudiéndose detener el operador en el matiz que prefiera. Sacada la prueba del baño de oro, se lava nuevamente y se

sumerge en un baño de hiposulfito sódico al 10 por 100, para *fijar* la imagen. Este lavado debe ser muy esmerado, y sólo después se puede ya exponer la prueba a la luz natural. Se tienden para la desecación con las precauciones acostumbradas y, por último, se recortan y pegan sobre cartulina.

En lugar de la albúmina puede emplearse el *colodión* o la *gelatina*, que llevan emulsionado el cloruro de plata. Estos papeles también se encuentran en el comercio y llevan los nombres de sus respectivos fabricantes. Las manipulaciones para obtener la positiva son las mismas, pero se acentúa un poco más el virado.

Entre los métodos en los que hay que proceder al revelado de la positiva figura el que utiliza el papel al *gelatinobromuro de plata*. Este papel se prepara lo mismo que las placas sensibles de igual denominación, y se opera con él exactamente lo mismo que con las placas al obtener las negativas; sólo hay que tener cuidado en emplear reveladores que no den color al papel. Es el procedimiento más empleado, porque, a causa de la gran sensibilidad de la preparación, es fácil obtener rápidamente pruebas positivas con luz artificial, muy apropiadas para ampliaciones. En el comercio circulan papeles de esta clase de muchas marcas.

Los papeles al gelatinocloruro de plata, que dan fotocopias directas sin necesidad de revelar, pueden darlas también con revelado. Para ello se detiene la exposición cuando la imagen comienza a ser visible, y entonces se sumerge la prueba en un baño regulador formado por:

Acido pirogállico.....	1 gramo.
Agua.....	250 —
Acido acético, algunas gotas.	

Cuando la imagen ha obtenido la intensidad que se desee, se vira y se fija empleando el baño siguiente:

Sulfocianuro amónico.....	20,0 gramos.
Hiposulfito sódico.....	1,5 —
Cloruro de oro.....	1,0 —
Agua.....	1.000,0 —

Este medio permite obtener tonalidades menos monótonas que con el papel al gelatinobromuro de plata.

Empleo de las sales de platino.—Circula en el comercio un *papel al platino*, obtenido extendiendo sobre las hojas una mezcla de una sal férrica y plotocloruro de platino. Se expone este papel a la luz, tras el cliché negativo en el chassis-prensa, hasta la aparición de una imagen apenas visible. Se lleva entonces a la pieza iluminada con luz roja y se sumerge en un baño revelador caliente formado de:

Oxalato potásico neutro.....	300 gramos.
Agua destilada.....	1.000 —

La imagen aparece instantáneamente. Se fija sumergiendo la prueba, por cinco a diez minutos, en agua acidulada con ácido clorhídrico; se lava y se pone a secar. La imagen está constituída por platino metálico, es inalterable y tiene tonos muy artísticos.

Empleo de las sales de cromo.—Procedimiento al carbón. La gelatina bicromatada tiene la propiedad de hacerse insoluble en un espesor mayor o menor, según la intensidad de la luz a que haya estado expuesta.

Se fabrica industrialmente un papel recubierto con gelatina mezclada con una materia colorante neutra, como el carbón en polvo finísimo (negro de humo), que no ejerce acción química sobre la dicha gelatina, ni sobre el bicromato potásico, ni sobre la mezcla de los dos. Este papel con gelatina al carbón se impregna de bicromato sumergiéndole durante tres minutos en una disolución acuosa de:

Bicromato potásico.....	20,0 gramos.
Carbonato amónico.....	1,5 —
Agua.....	1.000,0 —

Se opera en la obscuridad, y en la obscuridad se dejan a secar las hojas de papel así preparado.

Cuando estas hojas que contienen la gelatina bicromatada se exponen a la luz natural en el chassis-prensa detrás de un

cliché negativo, la luz penetrará a través de los claros del cliché y actuará sobre la gelatina, endureciéndola; en cambio, en los negros de dicho cliché la luz quedará detenida y, al no pasar, dejará en estado soluble la gelatina que está detrás. Por consiguiente, si después de efectuada esta operación se desmonta el chassis en la obscuridad y se sumerge en agua tibia la hoja de papel gelatinizado, la gelatina donde la luz no ha actuado continuará en estado soluble y se disolverá, desapareciendo en el baño de agua y llevándose consigo la materia colorante, o sea el carbón con que estaba mezclada, y la parte correspondiente del papel quedará blanca; por el contrario, en los sitios en donde la luz ha actuado sobre la gelatina ésta se ha hecho insoluble, reteniendo aprisionado el carbón, y allí aparecerán los negros de la imagen; en los clarobscuros o penumbras, según la mayor o menor insolubilidad que se haya producido, se eliminará menor o mayor cantidad de materia colorante, obteniéndose todos los tonos intermedios.

Después de un perfecto lavado en la obscuridad la imagen habrá quedado revelada y fijada, resultando constituída por espesores diferentes de la capa coloreada y reproduciendo la distribución de la luz como en el modelo.

En la práctica, sin embargo, no se produce el fenómeno con esta sencillez. En los negros intensos, donde la insolubilización de la capa de gelatina ha sido completa, queda, efectivamente, la gelatina adherida al papel, pero en los medios tonos, en que la transformación sólo ha sido superficial, la capa inferior, o sea la próxima al papel, queda en estado soluble, y al disolverse en el baño de agua tibia puede arrastrar a la capa delgada superficial insoluble que no es bastante resistente.

Esto se ha resuelto *invirtiendo* la capa de gelatina, para lo cual se la *transporta* a otro soporte. Para ello, sobre la prueba, antes de sumergirla en el baño de agua tibia para revelarla, se pega un papel especial, llamado papel de transporte, y entonces se la sumerge en el baño de agua. El soporte primitivo se separa poco a poco y la imagen queda adherida en el nuevo; pero la cara que antes era libre ahora es la que se halla tocando al papel, y la otra, la inferior, es la que se ostenta en la superficie. Se da resistencia a la prueba pasándola por una

disolución acuosa de alumbre, lavando de nuevo y desecando. Pero en este transporte la imagen obtenida es como la que se produce cuando un objeto se coloca delante de un espejo plano: la derecha del original queda a la izquierda en la imagen, y viceversa. Para rectificarlas hay que transportar de nuevo la imagen ya terminada a un nuevo soporte. Se puede evitar el hacer dos transportes empleando clichés invertidos.

La gelatina bicromatada tiene otra propiedad interesante: después de expuesta a la luz solar la placa recubierta de gelatina bicromatada sumergida en un líquido coloreado se tiñe en razón inversa a la intensidad de la luz recibida, es decir, que las porciones muy iluminadas rechazan el tinte, mientras que las otras lo toman con tanta más fuerza cuanta menos luz hayan recibido. Así, utilizando un positivo como modelo, se obtiene otro positivo coloreado. En este principio están basadas la *hidrotipia* y la *fototintura*. Perfeccionando estos procedimientos se han obtenido pruebas de doble coloración, excelentes para la reproducción de preparaciones micrográficas. Se puede sustituir la gelatina por la cola.

Aprovechando la alteración que experimentan las propiedades higroscópicas y adhesivas de ciertas substancias, como el azúcar y la miel, cuando se exponen a la acción de la luz en presencia de un bicromato alcalino, se obtienen los esmaltes fotográficos.

Empleo de las sales de hierro.—Se utiliza mucho cuando se trata de reproducir con economía y rapidez planos hechos sobre papel transparente. Los papeles más empleados son los llamados al ferroprusiato, al ferrocianuro y al galato de hierro. Los primeros dan trazos blancos sobre fondo azul; los segundos dan líneas azules sobre fondo blanco, y los últimos, rasgos de color violáceo muy obscuro.

Estos papeles se venden en el comercio y se conservan, como las placas, al abrigo de la luz. Para obtener las pruebas se exponen las hojas a la acción de la luz detrás de los dibujos que se trata de reproducir, los cuales deben estar hechos con tinta bien negra sobre papel muy transparente. El revelado es muy sencillo.

Diapositivas o positivas transparentes.—En vez de obte-

ner las positivas sobre papel, puede ser necesario o conveniente obtenerlas sobre un soporte transparente y de cierta rigidez, como el cristal, el celuloide, etc. Las placas sensibles se preparan por los procedimientos ordinarios, como para el papel, y las manipulaciones para sacar la positiva son idénticas a las descritas. Las diapositivas tienen aplicación especial para proyecciones, ampliaciones, decorado de vidrieras, etc.

PROCEDIMIENTOS FOTOMECÁNICOS.—Cuando se trata de obtener rápidamente gran número de ejemplares de una imagen fotográfica, se recurre a procedimientos en los que la luz no interviene sino para la preparación de una plancha sobre la cual se hace una tirada completamente mecánica. Los métodos ideados con este fin, con sus variantes y modificaciones, han llegado a ser innumerables y pueden dividirse en tres grupos, según que la impresión se haga sobre una superficie plana, sobre una superficie que presente huecos o que ofrezca relieves.

1.° *Fototipia o fotocolografía, fotolitografía y fotocincografía.*—Estos procedimientos están fundados en la propiedad que tiene la gelatina bicromatada de retener la tinta grasa de imprenta en los sitios en donde ha actuado sobre ella la luz del sol y rechazar dicha tinta en las porciones en donde la luz no ha actuado.

2.° *Fotogliptia o fotoplastografía.*—Descansan estos métodos en la propiedad de las capas gruesas de gelatina bicromatada de ofrecer, después de la insolación y de su lavado con agua caliente, huecos y relieves proporcionales a los tonos del cliché. Se endurece después éste por una disolución de alumbre y se aplica a gran presión sobre una masa de metal blando (aleación de plomo y antimonio) para obtener un molde, con el cual, y en prensa especial, que se llena de gelatina teñida y caliente para que se mantenga líquida, se hace la tirada en papel húmedo.

3.° *Fototipografía, heliograbado, fotogalvanografía.* — El objeto de estos procedimientos es obtener tacos análogos a los de tipografía y que presenten relieves que tomen la tinta grasa como los caracteres de imprenta.

VIII

FOTOGRAFÍA EN COLORES

En el papel blanco, o en el papel deslustrado de la cámara obscura, se pinta la imagen de los objetos con los colores que éstos ostentan; pero en el cliché negativo, y después de la prueba positiva, no quedan mas que los negros, blancos y medias tintas, de cuya distribución resulta la imagen; pero los colores originarios han desaparecido.

Se comprende que desde los albores de la fotografía se hayan hecho numerosas investigaciones para conseguir la reproducción de los colores del modelo. Infructuosas han sido cuantas tentativas se han hecho para resolver este gran problema, hasta que se han presentado dos métodos por los cuales, teóricamente y en cierto grado en la práctica, se ha logrado el resultado apetecido.

El primer método, debido a Lippman, es directo y está fundado en que los distintos colores corresponden a diferentes longitudes de onda, lo mismo que ocurre con los sonidos; por lo tanto, cada color impresionará de distinto modo la placa sensible de gelatinobromuro de plata. Para que esta diversa acción se haga perceptible se coloca detrás de la capa de gelatina una superficie reflectante perfecta, constituída por una capa de mercurio (fig. 12). De este modo los rayos reflejados en la superficie mercurial vuelven a atravesar la capa de gelatina y *se cruzan* con los rayos que llegan directos. Se produce así el fenómeno que los físicos llaman de las *interferencias*, que se manifiesta también cuando los rayos luminosos sufren análogo cruce al través de láminas transparentes muy delgadas, como en las paredes de las pompas de agua de jabón, en la capa del-

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

gadísima de petróleo extendido sobre una superficie, etc. Aparecen en estos casos colores muy vivos, que varían según el espesor de estas capas delgadísimas y la longitud de onda correspondiente a cada color. Ello es que la estructura de la capa sensible de gelatinobromuro de plata no es exactamente la misma en cada una de las porciones en que haya actuado un color distinto, y este color es el que reaparece en la porción correspondiente de la placa, sobre todo mirando ésta en direcciones convenientes.

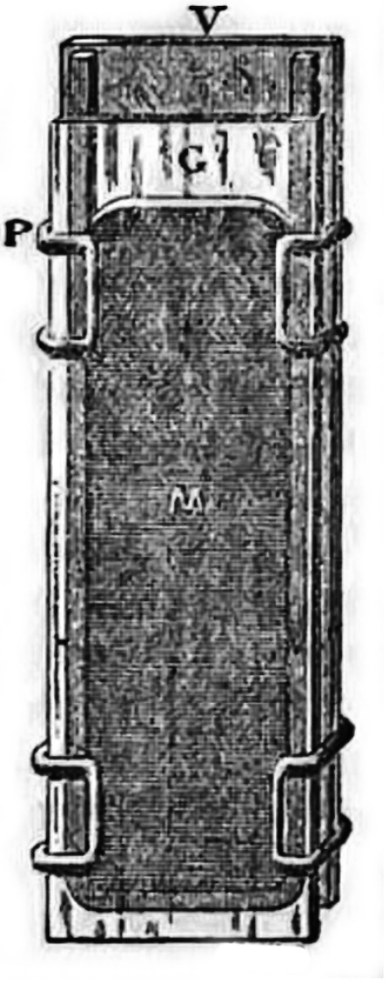


Fig. 12.—Placa Lippman para la fotografía en colores.

Aunque este procedimiento haya dado teóricamente la resolución del problema, no es práctico, si bien no se puede predecir los perfeccionamientos de que será susceptible.

El otro método, propuesto simultáneamente por los señores Cros y Ducos, de Hauron, perfeccionado después por Vidal y recientemente por los hermanos Lumière, es indirecto y consiste en obtener, por una selección natural de los colores del modelo, tres negativas, cada una de las cuales representa la negativa de uno de los tres colores fundamentales del espectro, a saber, el rojo, el amarillo y el azul, por mezclas de los cuales se producen todas las variedades de matices que existen en la Naturaleza. Para hacer la selección de los colores correspondientes a cada uno de los tres negativos se interpone una pantalla de un color determinado, que se llama el complementario del que se quiere aislar. Así, una pantalla verde da el negativo correspondiente al rojo; una pantalla azul da el del amarillo, y una amarilla da el negativo del azul. Obtenidos los tres negativos se sacan los tres positivos respectivos, e interponiendo delante de cada uno de éstos un vidrio teñido con el color complementario que le corresponda, se obtendrá, en definitiva, una verdadera síntesis de la imagen coloreada. Con aparatos especiales, llamados *cromoscopios*, se puede ver las diapositivas así obtenidas con los colores del ori-

ginal. También es posible proyectar sobre una pantalla las tres imágenes, de modo que queden superpuestas exactamente, y resultan hermosas proyecciones con sus colores naturales.

Puede procederse de otro modo: con los tres negativos mencionados se tiran positivos del color apropiado, por el procedimiento del papel al carbón; pero empleando una materia colorante neutra del color respectivo. La superposición de estos tres positivos da una imagen que vista por reflexión o por transparencia ostenta los matices del original. Este método reproduce bien los colores de las flores, de los tejidos y, en general, de la naturaleza muerta. Los retratos dejan mucho que desear.

POLICROMÍA.—La superposición de las tres positivas coloreadas, es decir, de los tres *monocromos*, se puede obtener también por diversos procedimientos mecánicos de impresión, resultando la impresión industrial en colores, que se denomina *policromía*.

IX

APLICACIONES DE LA FOTOGRAFIA

Además de las aplicaciones vulgares y corrientes, tales como la obtención de retratos, vistas panorámicas y de monumentos, etc., la fotografía presta servicios de inmenso valor a todas las ramas de la ciencia: en unos casos porque la placa constituye un medio maravilloso de registro de hechos; en otros, por permitir estudios nuevos, que la imperfección de nuestra vista nos había impedido abordar. Es por una parte un instrumento prodigioso de análisis, y por otra lo es de síntesis admirable. Ha extendido el horizonte de nuestros conocimientos, lo mismo en el mundo de lo asombrosamente pequeño que en las inmensidades cósmicas. Comenzando por retratar los objetos, ha llegado a retratar los fenómenos, a retratar la vida; y así como ha logrado conservar y reproducir las imágenes de los primeros, la conseguido sorprender, conservar y reproducir las escenas, los episodios de la segunda. A continuación van indicadas algunas de las aplicaciones más importantes de la fotografía, bien entendido que de cada una de ellas se podría escribir un libro curiosísimo.

Metrofotografía.—Merced a la precisión de la imagen fotográfica, la fotografía puede utilizarse para tomar medidas y levantar planos. La construcción de ciertos instrumentos panorámicos, como la plancheta fotográfica de Chevalier, el cilindrógrafo de Moessard, y el ciclógrafo de Damoizean, facilitan mucho las operaciones. Pueden hacerse reducciones y amplificaciones de mapas con gran precisión y economía; y para la topografía y el arte militar, las fotografías tomadas desde lo

alto, sea en globo, sea en aeroplano, han sido y son de gran utilidad.

MICROFOTOGRAFÍA.—La fotografía puede fijar la imagen amplificada de un objeto dado por el microscopio, y esto lo hace con una fidelidad y una perfección a que no puede llegar ningún dibujante. Las pruebas así obtenidas pueden ser amplificadas, y siempre conservarse, estudiarse, compararse unas con otras y publicarse para la mejor propaganda de la ciencia. La bacteriología y la histología deben por esto servicios inmensos a la fotografía. La investigación de las substancias alimenticias, para descubrir en ellas alteraciones o adulteraciones; el reconocimiento de la calidad de muchos materiales, obteniendo fotografías de las preparaciones vistas por el microscopio, reciben poderosa ayuda de la fotografía.

AMPLIACIONES, PROYECCIONES.—Lo mismo las imágenes de los objetos microscópicos que las obtenidas corrientemente en un cliché ordinario, pueden ser amplificadas en el grado que se desee, y de este modo detalles apenas visibles en el original pueden ser estudiados cómodamente. En arqueología, en numismática y en las ciencias naturales los resultados que así se consiguen son prodigiosos. Por la ley de los focos conjugados, si cuando un objeto exterior da en la cámara obscura una imagen en el plano focal correspondiente, viceversa, colocando un objeto en este plano focal, la imagen irá a formarse donde antes estaba el objeto que la produjo. Considerando, pues, como objeto una diapositiva intensamente iluminada, y que se haya situado dentro de la cámara, su imagen se irá a proyectar fuera, de suerte que si se recoge en una pantalla situada en una habitación obscura, allí se verá dicha imagen. El tamaño de ésta dependerá de la distancia a que se coloque la diapositiva del objetivo de la cámara. Cuando ésta se dispone de este modo constituye lo que se llamaba *linterna mágica*, por llevar en su interior la lámpara que había de iluminar la diapositiva. Hoy día, en que suele emplearse para esta iluminación un poderoso foco de luz eléctrica, se tienen así los aparatos de proyecciones tan usados en las cátedras y en las conferencias públicas.

FOTOGRAFÍA MÉDICA.—Al médico le interesa fotografiar a sus enfermos, por muchos motivos. En el estudio de los casos

patológicos la fotografía completa la observación del facultativo y fija el estado del enfermo en determinadas circunstancias, y las fotografías sucesivas permiten, por comparación, apreciar las diferencias. En los nerviosos, en los locos, en los idiotas, la fotografía ofrece el único medio de conservar la fisonomía de ciertos estados típicos, pero pasajeros. Lo mismo ocurre con muchas manifestaciones patológicas. La anatomía, la histología y la fisiología obtienen igualmente grandes beneficios de la aplicación de la fotografía, aplicación que recientemente ha adquirido una importancia extraordinaria en medicina y cirugía con el descubrimiento de los rayos X, que permiten fotografiar estados y disposiciones del interior del organismo.

FOTOGRAFÍA CELESTE.—La fotografía se aplica con gran provecho en astronomía para estudiar el aspecto de los astros, y ayuda y completa los procedimientos de la astronomía para el conocimiento de la posición, movimientos y trayectorias de los mismos astros. Se emplea, por ejemplo, en el estudio del Sol, de sus manchas, constantemente variables, y de la cromosfera; en el de la Luna; en el de los planetas y cometas; para registrar las diferentes fases de los eclipses; para obtener mapas de diferentes regiones del cielo e ir completando el catálogo de las estrellas, pues la placa fotográfica es más sensible que la vista del observador, aun ayudada ésta por los poderosos aparatos de la física, con la circunstancia de que las sensaciones obtenidas por nuestros sentidos son fugitivas y sujetas a error y las impresiones en la placa son permanentes y precisas.

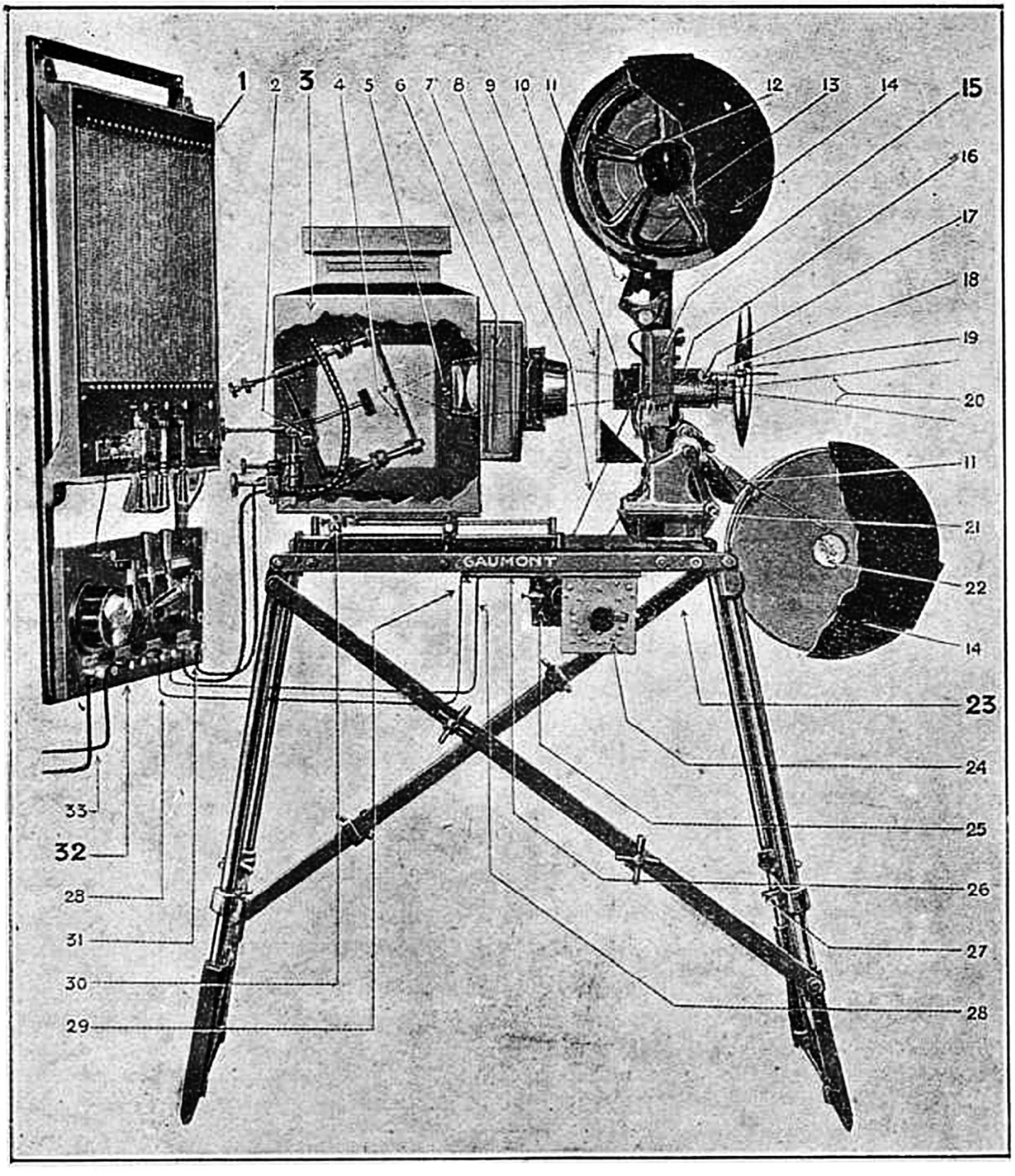
FOTOGRAFÍA DOCUMENTAL, FOTOGRAFÍA JUDICIAL.—La fotografía ofrece el medio de guardar recuerdo exacto de hechos interesantes y suministra pruebas documentales permanentes referentes a esos mismos hechos, como el estado de los trabajos de una obra en una época fija, la disposición de las cosas al ocurrir una catástrofe, como un incendio, un descarrilamiento, una inundación, un terremoto, etc., etc. Es el testigo veraz, dispuesto a mantener su declaración en todo tiempo. Por eso la administración de justicia recurre a la fotografía para apreciar el estado de un lugar en que se ha cometido un crimen antes de que haya podido sufrir alguna variación, posición de las víctimas, señales de golpes, manchas y heridas que pueden

desaparecer; para reconocer falsificaciones y alteraciones en documentos; para los servicios antropométricos, procurando fotografías de frente y de perfil de todos los individuos que la referida administración de justicia tiene interés en conservar fichados en sus archivos.

De igual manera, en muchas ramas de la ciencia se ha recurrido a la fotografía para obtener registros automáticos y permanentes de diferentes fenómenos, ya producidos en la Naturaleza, ya provocados por el hombre. Se han inventado para esto aparatos registradores especiales para cada caso, pero en los que la fotografía toma, conserva y multiplica, si es menester, los datos del registro. Tal acontece en meteorología, sismografía, etc. El mismo procedimiento puede aplicarse a fotografiar ciertos efectos instantáneos o muy fugaces, como el de la explosión de un barreno, de un torpedo, de fuegos artificiales, de los relámpagos y otros fenómenos.

FOTOGRAFÍA DEL MOVIMIENTO.—La idea de apoderarse por la fotografía de ciertos fenómenos y movimientos ha podido pasar de lo imaginativo a lo práctico en cuanto se descubrió el modo de preparar placas tan sensibles a la acción de la luz que basta una cienmilésima de segundo para que queden impresionadas.

Pero esta aplicación de la fotografía, o sea la *cronofotografía*, ha sido tan fecunda en resultados y aplicaciones que requiere ser considerada un poco más despacio. Es la que ha dado origen al *cinematógrafo*.



Nomenclatura de los órganos componentes de una instalación cinematográfica. (Sistema Gaumont.)

1. Resistencia de arco.
2. Arco.
3. Linterna.
4. Carbones.
5. Condensador.
6. Cubeta de agua.
7. Chasis pasa vistas doble.
8. Goma de transmisión.
9. Pantalla para-luz.
10. Pantalla de seguridad automática.
11. Corredores corta-fuegos.
12. Bobina superior.
13. Película en desenrolle.
14. Bombos para-fuegos.
15. Crono proyector.
16. Arandela extensora.
17. Montura universal para objetivo.
18. Objetivo.
19. Obturador.
20. Haz luminoso.
21. Manivela del crono.
22. Eje enrollador de madera.
23. Mesa metálica.
24. Resistencia graduadora de marcha del motor.
25. Motor eléctrico.
26. Platina soporte de partes eléctricas.
27. Tornillos graduar altura.
28. Hilos corriente motor.
29. Bornes llegada corriente.
30. Correderas del carro de la linterna.
31. Cable de aliment. de arco.
32. Cuadro de distribución.
33. Cables de acometida.

EL CINEMATÓGRAFO

I

LOS PRECURSORES DEL CINEMATÓGRAFO

SOMBRAS CHINESCAS.—Desde tiempo inmemorial han sido motivo de recreo y causa de admiración para los niños y las gentes sencillas las sombras que se pueden proyectar en una pared blanca o sobre un telón o pantalla, interponiendo entre cualquiera de estas superficies y una luz las manos convenientemente dispuestas o ayudadas de algún objeto muy sencillo. Bien sabido es que así pueden obtenerse sombras que imiten una liebre, un pato, la cabeza de un asno, etc. Y el regocijo de los espectadores infantiles sube de punto cuando ven moverse las patitas de la liebre, abrirse y cerrarse el pico del pato, enderezarse y agacharse las orejas del jumento.

Parece que los chinos han sobresalido en la habilidad de conseguir siluetas de esta clase, y las *sombras chinescas* han llegado, en efecto, a adquirir celebridad; pero en todos los pueblos de Oriente ha tenido este sencillo espectáculo gran favor y desarrollo. En Europa, hacia fines del siglo XVIII, se dió más amplitud y perfección a la proyección de sombras dotadas de movimientos, confeccionando piezas de cartón o de metal, recortadas con cuidado y formadas de diferentes porciones articuladas, que se movían mediante artificios muy sencillos, pero con las que se obtenían efectos muy notables, que llegaron a explotarse casi hasta la terminación del siglo XIX.

LA LINTERNA MÁGICA.—Por otra parte, conocido o no por los antiguos, hacia fines del siglo XVII comenzó a utilizarse un instrumento de física recreativa que es, en suma, un aparato de proyección, mediante el cual puede hacerse aparecer en el lienzo o pantalla, no simples siluetas, sino figuras con todos sus

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

detalles y colores. La *linterna mágica*, que es el aparato a que se hace referencia, se utiliza aún y consta de una caja que lleva una lámpara cuya luz se envía por medio de un espejo cóncavo (un reflector) hacia una lente convergente, la cual concentra los rayos luminosos que recibe sobre una lámina de vidrio, sobre la cual va pintada la figura o figuras que se quiere proyectar. A continuación de este vidrio va un tubo que lleva otra lente convergente, y ésta, recibiendo los rayos que iluminan fuertemente la pintura, da una imagen, real e invertida, de dicha pintura en el sitio que corresponde al *foco conjugado* de ella. Si, pues, en el lugar donde se forma dicho foco conjugado se coloca la pantalla, en ésta aparecerá la imagen, que será tanto más visible cuanto más a obscuras esté la habitación donde se halla la pantalla, para lo cual se cierra la portezuela de la linterna mágica por donde se introduce la lámpara, cuya luz es la única que se utiliza. Como la imagen que aparece proyectada es invertida con relación a la pintura que lleva el vidrio, hay que colocar éste en la posición conveniente para que aquella imagen resulte en disposición normal. Aproximando o separando muy poco, por medio de una cremallera, la lente convergente proyectante y el vidrio que lleva la pintura, y aproximando o separando la linterna de la pantalla, aumentan o disminuyen las dimensiones de la imagen proyectada, con lo que se produce en los espectadores la ilusión de que la figura proyectada se aproxima o se aleja. Si, además de esto, se hace uso de varias combinaciones de discos superpuestos, dando a alguno de ellos movimientos por mecanismos fáciles o utilizando piezas también movibles que cubran o descubran alternativamente ciertas porciones de la proyección, se puede obtener una sucesión de aspectos variables, con cambios de dibujos y colores, movimientos en las figuras, como el hombre que masca, el molino de viento cuyas aspas giran, el herrero que golpea sobre el yunque con el martillo, etc., etc., imágenes que van desvaneciéndose, fundiéndose en otras que van apareciendo, con lo cual se puede representar el paso de un efecto de día a un efecto de noche, la erupción de un volcán y escenas semejantes.

Sin embargo, la mayor parte de los gestos y movimientos

de los seres naturales no se prestan fácilmente a ser reproducidos por estos medios mecánicos; además, los cambios son bruscos, con sacudidas, y por todo esto, los efectos obtenidos con la linterna mágica, aun habiendo llegado a ser muy notables, tienen un campo muy limitado.

EL FENAQUISTICOPIO Y SUS MODIFICACIONES.—Pero, paralelamente a los perfeccionamientos logrados en los efectos de la linterna mágica, estudios practicados en otras direcciones han suministrado elementos interesantes para obtener impresiones visuales de imágenes dotadas de movimientos muy semejantes a los que en la realidad tienen los objetos que tales imágenes producen.

El ojo humano es, en realidad, una cámara obscura. El cristalino y los demás medios refringentes que en él se encuentran constituyen el *objetivo* de la cámara, objetivo que es *aplanático*, *acromático* y *anastigmático*, es decir, que en él se encuentran corregidos los defectos consiguientes a la aberración de esfericidad, a la aberración cromática y al astigmatismo. Tiene su *diafragma* (iris), cuya abertura (pupila) puede contraerse o dilatarse automáticamente, y su placa sensible (retina), donde se recibe la imagen de los objetos exteriores. Pero esta placa sensible ofrece una particularidad fisiológica muy notable. La imagen que en ella se pinta no queda ya grabada de un modo *permanente*, como en la placa fotográfica sensible, aunque el objeto desaparezca o los párpados se cierren; ni desaparece *instantáneamente*, cual en el cristal deslustrado de la cámara obscura, en cuanto dejan de actuar sobre ella los rayos luminosos procedentes del objeto. La retina tiene una propiedad intermedia. Las imágenes que en ella se dibujan persisten en ella, aunque por muy poco tiempo. Si se mira una luz muy intensa, aunque se cierren los ojos se sigue percibiendo por unos instantes una impresión luminosa; si se ata al extremo de un bramante un trozo de carbón con la punta hecha brasa y se da vueltas rápidamente, se cree ver un aro de fuego, porque no sólo se ve la brasa en el sitio en que se halla en cada momento, sino que la retina conserva aún las impresiones de la brasa en posiciones anteriores. Así, pues, la persistencia de las imágenes en la retina puede producir ilusiones visuales muy nota-

bles al fundirse, al sobreponerse, impresiones anteriores que aun duran con impresiones nuevas que se reciben, resultando que una serie de imágenes diferentes pueden ligarse y dar una impresión continua. Así, cuando llueve fuerte no se ven las gotas de agua, sino hilos de líquido; cuando se hace vibrar una cuerda tensa de guitarra y suena, la vista no percibe dicha cuerda en cada una de las posiciones que sucesivamente ocupa, sino que la percibe al mismo tiempo en todas ellas, y la cuerda toma el aspecto de un huso.

Se ha comprobado que la duración de la impresión de las imágenes en la retina varía algo con la intensidad de la luz; pero, en general, alcanza *algo más de una décima de segundo.*

Sabido esto, supongamos que una niña tarda un segundo en saltar una vez a la comba. Si mentalmente distribuímos en quince partes el tiempo empleado en cada salto, con el movimiento correspondiente de comba, y pintamos en una banda de papel las quince actitudes o posiciones de la niña en cada una de esas porciones de tiempo, y si después hacemos pasar por delante de nuestros ojos la serie de pinturas en un segundo, no se habrá extinguido la impresión producida por la primera pintura cuando ya percibimos la segunda, ni ésta cuando ya percibamos la tercera, y así sucesivamente. El resultado será ver una imagen continua de la niña en las diferentes fases del salto, es decir, que nos haremos la ilusión de ver a la niña saltando.

Esto fué lo que hizo el físico belga Plateau, que, al finalizar el primer tercio del siglo pasado, construyó un aparato demostrativo de estas verdades, el *fenaquisticopio* (fig. 13), el cual, modificado de varios modos, constituye hoy un juguete muy divertido e instructivo para los niños, y basado en el mismo principio fisiológico de la persistencia de las imágenes en la retina, fundamento esencial del cinematógrafo.

Una de las modificaciones más conocidas del *fenaquisticopio* consiste en un cilindro hueco de cartón u hojalata charolada, de unos dos decímetros de diámetro y otro tanto o poco menos de altura (fig. 14); por la parte interior y en la porción inferior de la pared va ajustada la banda de papel donde están pintadas las figuras. La mitad superior del cilindro está perforada por aberturas longitudinales, verticales, espaciadas a in-

tervalos iguales y a través de las que se observan las imágenes. El cilindro está montado sobre un espigón, sobre el cual puede girar, e imprimiéndole un rápido movimiento giratorio se ve, mirando por las aberturas, que las figuras se animan y ejecutan, en efecto, los actos que en las pinturas se han querido representar.

COMBINACIÓN DEL FENAQUISTICOPIO Y LA LINTERNA MÁGICA.—Se comprende que se tratase de aprovechar estos efectos del fenaquisticopio, proyectando sobre una pantalla, por medio de la linterna mágica, las imágenes móviles que en aquel aparato se obtienen. Para ello, las figuras que representaban las fases sucesivas de una escena eran pintadas en una banda transparente, que pasaba por el foco del objetivo de la linterna mágica, que las proyectaba sucesivamente sobre la pantalla. Pasando las figuras delante del objetivo unas tras otras con una rapidez correspondiente a menos de un décimo de segundo por figura, las imágenes proyectadas se iban ligando en la retina del observador, como queda dicho, y daban la sensación continua de una figura animada. Este fué el fundamento del *teatro óptico* de Reynaud, que en 1892 tuvo grandes éxitos. En este sistema, para obtener proyecciones animadas, Reynaud llegó a preparar bandas de 500 metros de longitud con 700 figuras. La preparación de estas bandas exigía un trabajo minucioso y largo, pues se necesitaba una habilidad y una paciencia extraordinarias para encontrar las diferentes actitudes sucesivas de cada figura y ejecutar centenares de dibujos, tales que las porciones del sujeto que no habían de sufrir variación coincidieran perfectamente.

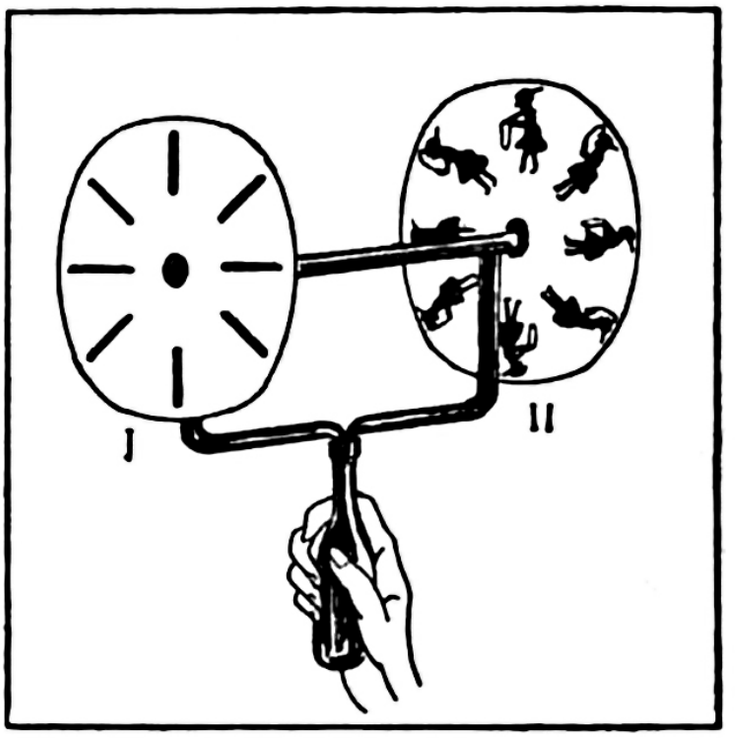


Fig. 13.—Fenaquisticopio de Plateau.

APLICACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA.—LA CRONOFOTOGRAFÍA.

Era natural que, llegadas las cosas a este punto, se pensase en sustituir el trabajo abrumador del dibujante por la acción de la fotografía, que ya había alcanzado la perfección suficiente para conseguir por medio de ella el fin que se deseaba.

La idea de fijar por la fotografía los aspectos variables de un modelo, las fases sucesivas de un fenómeno, la expuso el sabio Faye en 1849, al proponer que, para precisar el momento del paso de los astros por el meridiano, se tomase una serie de fotografías a intervalos de tiempo rigurosamente iguales; pero la imperfección de los procedimientos fotográficos de entonces no permitió que la idea tuviese aplicación práctica hasta 1874, en que el astrónomo Janssen, para estudiar con precisión el paso de Venus por el disco del sol (el 8 de diciembre de aquel año), inventó y aplicó un aparato llamado *revólver fotográfico*, con el cual pudo apreciar las posiciones exactas del planeta en tiempos sucesivos bien determinados (fig. 15). Las imágenes fotográficas, en el estudio de aquel fenómeno astronómico, fueron tomadas cada setenta segundos. Así nació la *cronofotografía* o *fotografía periódica*, medio fotográfico que permite el análisis de los movimientos rápidos y resolver problemas interesantes de fisiología, de física y de mecánica.

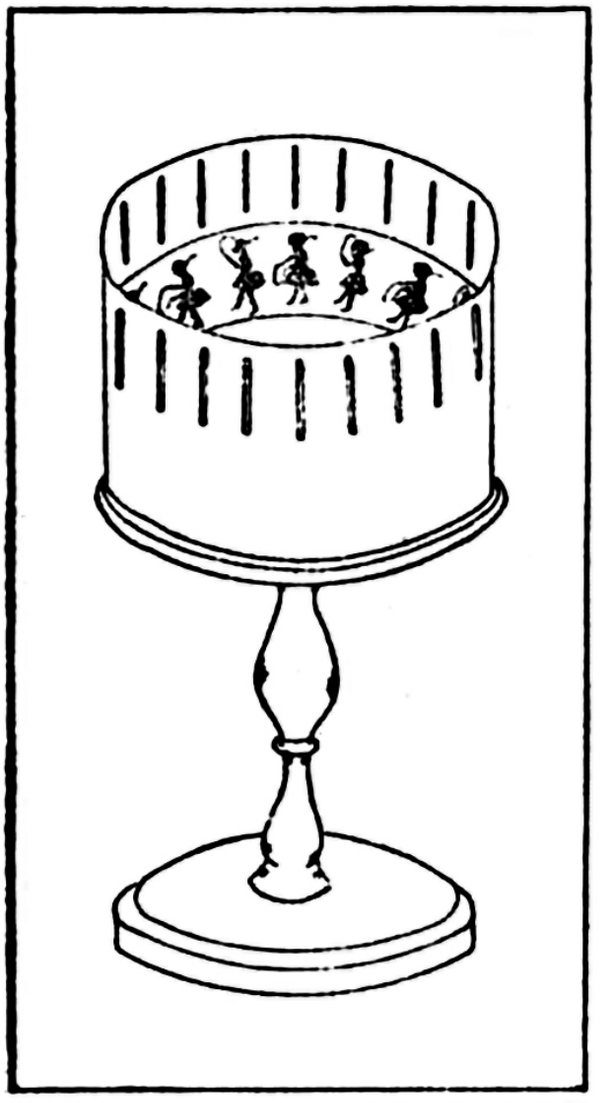


Fig. 14. — Otro modelo de fenaquisticopio.

En 1878, un fotógrafo de San Francisco de California, llamado Muybridge, emprendió el estudio analítico de la locomoción animal haciendo desfilar animales por delante de una inmensa pantalla blanca bien iluminada por el sol. Frente a esta pantalla dispuso una serie de aparatos fotográficos convenientemente espaciados y provisto cada uno de ellos de un obtura-

dor eléctrico en combinación con unos hilos que atravesaban la pista por donde desfilaban los animales cuyo movimiento se trataba de estudiar. Al pasar el animal rompía los hilos que iba encontrando a su paso, funcionaba el obturador correspondiente y se obtenía la fotografía en el aparato por delante del cual pasaba el animal en aquel momento.

Muybridge hizo pasar de este modo ante sus aparatos fotográficos célebres caballos de carrera al paso, al trote y al galope; luego hizo pruebas con otros animales, con aves y con hombres. Habiendo llegado a operar con gran número de cámaras pudo obtener fotografías sucesivas, tomadas a muy poco intervalo unas de otras, de las actitudes o posiciones que en los instantes correspondientes tenía cada modelo, lo cual permitió hacer el estudio analítico del movimiento correspondiente. Llevando después al fenaquisticopio cada serie de fotografías obtuvo la síntesis de cada uno de estos movimientos, y proyectando sobre una pantalla estas vistas del fenaquisticopio, pudo mostrar, al estilo de los cinematógrafos actuales, brevísimas pero muy exactas escenas de los movimientos ejecutados.

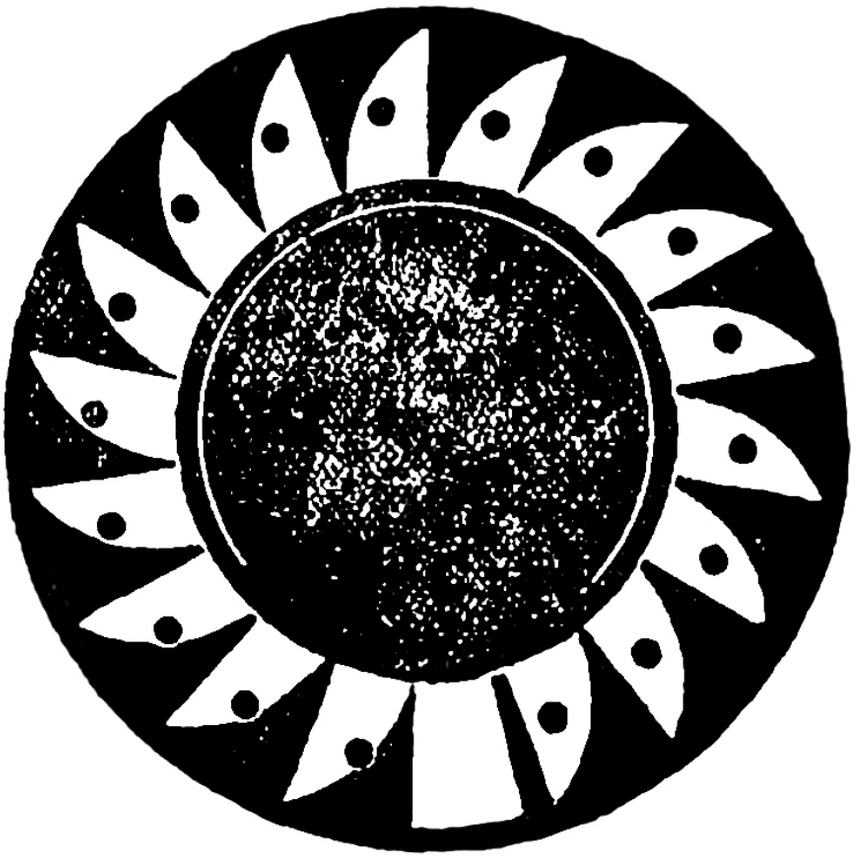


Fig. 15.—Imágenes obtenidas con el revólver fotográfico de Janssen.

Este procedimiento de Muybridge, interesantísimo por sus resultados, tiene, sin embargo, muchos inconvenientes desde el punto de vista práctico, por el costoso y complicado material que exige y por no ser aplicable al caso en que el modelo, en sus movimientos, no cambie de lugar; pues, como queda expuesto, el fotógrafo californiano impresionaba cada placa en

aparato distinto, que venía a estar colocado frente a la nueva situación que el modelo ocupaba en cada momento.

El profesor Marey ha adoptado otro procedimiento, facilitado por el descubrimiento del gelatinobromuro de plata, cuya extrema sensibilidad permite impresionar placas rapidísimamente. El método de Marey difiere esencialmente del de Muybridge en que la serie de imágenes sucesivas se toma con un solo objetivo, con lo cual se puede obtener un número indefinido de imágenes y es aplicable al caso en que el modelo no cambie de lugar.

Marey, inspirándose en el revólver astronómico de Janson, inventó primero un fusil fotográfico, en el cual una placa sensible circular, montada sobre un eje, presentaba, al girar, sus diferentes sectores al foco del objetivo. La impresión de cada imagen no duraba mas que $^1/_{720}$ de segundo. Con este aparato el número de imágenes obtenidas en cada tirada no podía pasar de doce. Sin embargo, el cliché resultante, llevado al fenaquisticopio, reconstituía el movimiento analizado por la fotografía. La razón de no poder pasar de doce el número de imágenes por segundo, tiempo empleado por la placa circular en dar una vuelta, estriba en que la placa tiene que estar inmóvil en el momento en que se toma cada imagen, de suerte que hay que proceder por sacudidas, es decir, que el giro de la placa supone una serie de paradas y movimientos en los que hay que tener en cuenta la masa de los órganos que hay que mover.

El problema sólo ha podido resolverse mediante el empleo de películas cuya masa es insignificante y que pueden efectuar los movimientos de traslación necesarios. Así, el profesor Marey, por una serie de perfeccionamientos sucesivos, ha llegado a construir, en 1890, un *cronofotógrafo*, en el que todos los movimientos están regulados de modo que la película o banda sensible avance, en el intervalo entre dos imágenes, una extensión precisamente igual a la de una imagen. En el momento en que la película queda inmóvil para la impresión de la imagen queda iluminada por una de las aberturas, que lleva un disco que gira, y cada una de las aberturas pasa por delante de la película en el momento en que ésta queda inmóvil.

Con este aparato, variando, según la conveniencia, ciertos

Películas cinematográficas (tamaño natural).

detalles, ha estudiado Marey la marcha, la carrera, el salto de hombres y animales, el vuelo de las aves y de los insectos, los movimientos de los líquidos, etc.

Logrado con este aparato el análisis de los movimientos, consiguió Marey la reconstitución de éstos haciendo pasar por un cronofotógrafo proyector las películas transparentes que llevaban las imágenes así obtenidas y de modo que recibían, por detrás, iluminación suficiente. En rigor, el problema del cinematógrafo quedaba resuelto, y, en efecto, el aparato de Marey ha sido el punto de partida de todos los aparatos cinematográficos posteriores.

En 1891, Edison construyó en los Estados Unidos dos aparatos: uno, que llamó *cinetógrafo*, destinado a registrar los movimientos, y otro, denominado *cinetoscopio*, que sirve para reconstituir, ante la vista del observador, dichos movimientos. En el primero, las impresiones obtenidas en la película son 46 por segundo, o sea 2.750 por minuto. Para asegurar la posición exacta de las imágenes, los bordes de la película llevaban unos agujeros espaciados con regularidad, en los cuales penetraban los dientes de dos cilindros que daban movimiento a la película. La disposición de estos orificios o taladros, para evitar que la película resbale, es la adoptada universalmente en cinematografía.

La banda de clichés negativos así obtenida sirve para preparar una cinta de diapositivos que reconstituyen el movimiento analizado, y para ello se hacen desfilar estos diapositivos por el aparato de síntesis, el *cinetoscopio*, fundado en el mismo principio que el fenaquisticopio, pero dispuesto, como el estereoscopio, para observaciones individuales. En el aparato de Edison las imágenes eran muy pequeñas y había que mirarlas a través de un grueso cristal de aumento. Tenían que estar intensamente iluminadas y el paso de la película se obtenía por un motor eléctrico. En estas condiciones se necesitaba que pasasen ante la retina cuarenta imágenes por segundo para tener la sensación de continuidad.

Por el mismo tiempo, ideó en Francia Demeny, colaborador de Marey, un aparato analizador de movimientos, que llamó *biógrafo*, y un aparato complementario de síntesis, que deno-

minó *bioscopio*. En el *biógrafo*, las cintas de celuloide, sensibilizadas con gelatinobromuro de plata, se impresionaban por un mecanismo muy sencillo, obteniéndose de ocho a veinte imágenes por segundo, llegando a tener las cintas una longitud de 35 metros. El *bioscopio* se componía esencialmente de dos discos: uno de vidrio, al cual iban adheridas las imágenes positivas obtenidas en las cintas del aparato anterior, y otro de palastro ennegrecido y con una abertura estrecha. Ambos discos giraban, pero en sentido inverso, a razón de una vuelta por segundo. El disco de vidrio llevaba 30 imágenes, que eran percibidas por el observador cada vez que pasaban por delante de la abertura del disco negro, es decir, a 30 por segundo, de suerte que se veía efectivamente la figura dotada de movimiento; pero la sensación se repetía por igual indefinidamente a cada vuelta del disco. Estas imágenes se podían proyectar también, pero conservando el mismo carácter de monótona repetición y siendo susceptibles de poca amplificación. Demeny perfeccionó sus aparatos; pero por entonces (1895), los hermanos Augusto y Luis Lumière, célebres fabricantes de placas fotográficas en Lyón, dieron a conocer un aparato que, fundado en los mismos principios que el cronofotógrafo de Marey, realizaba el analisis del movimiento con una perfección notable y en circunstancias, para las proyecciones, como no se había logrado hasta entonces. Los hermanos Lumière obtuvieron en 1895 la patente de invención de su aparato, que fué conocido con el nombre de *cinematógrafo* (de las palabras griegas *kinema*, movimiento, y *grafos*, dibujo). Las primeras representaciones públicas se dieron poco tiempo después en París, y aunque eran muy cortas, llamaron mucho la atención. No se podía concebir una reproducción más fiel de la Naturaleza y de la vida en todas sus manifestaciones. Sin embargo, la mayor parte de la gente creyó que, pasada la novedad, la nueva linterna mágica, con todos sus perfeccionamientos, dejaría de excitar la curiosidad del público. Nadie llegó a sospechar que las proyecciones animadas dadas por el cinematógrafo habían de constituir el espectáculo más popular en todo el mundo; que artistas de gran renombre iban a dedicar a él su actividad; que iba a dar origen a una industria en que se movilizan miles de millones de

pesetas, y que muchas ramas de la ciencia y la enseñanza de ésta habían de encontrar en el prodigioso invento un auxiliar poderosísimo.

El resumen que precede muestra que la invención del cinematógrafo no ha salido de golpe de la cabeza de Minerva, como un guerrero armado de todas armas. Al contrario, ha tenido una gestación laboriosísima, marcada por fases que van señalando su progresivo desarrollo.

En la primitiva *linterna mágica*, con sus proyecciones, aparece el embrión. El *fenaquisticopio* de Plateau muestra el principio de la persistencia de las imágenes en la retina, sin el cual nunca hubiese sido posible lograr la síntesis de los movimientos. Sin la *fotografía* no habrían podido obtener Janson y Muybridge imágenes exactas de la disposición de los modelos en instantes sucesivos de sus movimientos, y si Edison, Marey, Demany y los hermanos Lumière no hubieran tenido a su disposición *preparaciones de gelatinobromuro de plata*, dotadas de sensibilidad extrema para la luz y dispuestas sobre *soportes sensibles y transparentes*, no habrían ni siquiera pensado en imaginar las combinaciones mecánicas con las que han conseguido obtener las *proyecciones animadas*, trasunto de la vida real; es decir, no habría nacido el *cinematógrafo*.

II

LAS PELÍCULAS Y LOS APARATOS CINEMATOGRÁFICOS

LAS PELÍCULAS.—Las películas son para los aparatos cinematográficos lo que los cartuchos son para el fusil. La palabra *film*, con que muy a menudo se las designa, es una voz inglesa que significa película, membrana, telilla. Son las cintas transparentes, de muchos metros de longitud, que llevan las imágenes destinadas a proyectarse en las pantallas o telones cinematográficos.

Las primeras películas cinematográficas eran todas, sin excepción, de *celuloide*, materia excelente para el objeto, por su transparencia, flexibilidad y poquísimo peso. Tiene, sin embargo, el inconveniente de ser muy inflamable, y aun de ser susceptible de detonar por un choque violento, como que su composición se aproxima a la de algunos de los formidables explosivos modernos.

Se prepara el celuloide disolviendo algodón-pólvora en una mezcla de alcohol y éter, con lo que se obtiene colodión. En este líquido, de aspecto oleaginoso, se disuelve alcanfor y un poco de aceite de ricino, para dar más flexibilidad a las películas. La masa se extiende, formando capa muy delgada, sobre una plancha metálica pulimentada, y deja, por evaporación, la lámina transparente y flexible de celuloide. Para evitar que éste sea inflamable se han hecho una multitud de pruebas, introduciendo en su composición diferentes substancias; pero todas las tentativas han sido infructuosas. Hasta ahora el único producto que puede competir con el celuloide para la fabricación de películas cinematográficas es la *acetocelulosa*. Esta substan-

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

cia no es incombustible, pero arde con menos facilidad que el celuloide, y cuando se inflama, la combustión es menos viva y más lenta. La acetocelulosa se prepara tratando el algodón en rama ordinario por una mezcla de ácido acético y ácido sulfúrico, con lo que se obtiene un acetato de celulosa, que después de lavado y seco se disuelve en una mezcla de acetona y triacetina. Resulta entonces un líquido siruposo, que se manipula como el celuloide. Para hacer las cintas, tanto un producto como otro se vierten con cuidado en una tolva en el fondo de la cual hay una abertura muy estrecha, por la cual sale el líquido y se extiende sobre una tira sin fin de cobre niquelado extendido entre dos poleas, como si fuese una correa. Después de un recorrido suficiente para que el líquido se haya desecado, la película formada se separa de la tira metálica y se arrolla sobre un carrete.

Las películas que se destinan a ser impresionadas, es decir, a formar clichés negativos, se recubren de una capa de gelatinobromuro de plata muy sensible. Las destinadas a sacar positivas para las proyecciones reciben una emulsión menos sensible, que tiene la ventaja de conservarse por mucho tiempo, mientras que las negativas no pueden usarse pasados seis meses después de preparadas.

Las películas negativas se elaboran siempre con celuloide, porque, como no han de pasar ante la lámpara de proyección, los riesgos de que se inflamen son muy escasos. En cambio, las positivas, que tienen que correr delante de dicha lámpara, están muy expuestas a inflamarse, y por eso deben fabricarse con acetocelulosa. Resultan con transparencia igual a las de celuloide y casi tan flexibles cuando son nuevas; pero pierden poco a poco esta flexibilidad, haciéndose frágiles y resquebrajándose al cabo de algunos meses. Pero las mismas películas de celuloide quedan pronto fuera de servicio al pasar reiteradamente ante los aparatos de proyección. Queda siempre el recurso de renovar de cuando en cuando las diapositivas, porque la negativa sobre celuloide se conserva.

Para que todas las películas pueden emplearse en todos los aparatos cinematográficos se ha llegado a un convenio entre todos los fabricantes, por virtud del cual se ha fijado el forma-

to de las imágenes en 18 milímetros de altura por 24 milímetros de anchura. Cada imagen está separada de la siguiente por un espacio de un milímetro, y las cintas llevan a cada lado, cerca de los bordes, una banda de cinco milímetros y medio, destinada a las perforaciones.

Ya se ha visto que Edison fué quien ideó estas perforaciones en las cintas usadas en su cinetógrafo, y que sirven para dar movimiento a las cintas. En el aparato Lumière dos ganchitos, uno a cada lado, penetran en los agujeros de los bordes, hacen descender la cinta y se separan, para volver a engancharse en los agujeros siguientes. En otros aparatos, la cinta es arrastrada por dos tambores con las extremidades rodeadas de dientes, que engranan en las perforaciones. En un principio éstas no eran idénticas en todas las películas. En unos sistemas eran redondas, en otros cuadradas, lo cual imposibilitaba el ajuste de las diferentes películas para diversos aparatos. Actualmente se ha adoptado universalmente el mismo tipo, a saber: perforaciones rectangulares a razón de cuatro por imagen y practicadas con tal precisión que, mediante el empleo de mecanismos, muy precisos también, las imágenes que se suceden en la pantalla se ajusten con toda exactitud, es decir, que todo punto que en la figura quede inmóvil vaya a situarse en el mismo lugar.

La sensibilización de las películas, esto es, el recubrirlas de la emulsión de gelatinobromuro de plata, se hace siguiendo los mismos trámites y guardando las mismas precauciones que para la fotografía ordinaria, con la única diferencia de que las cubetas que se emplean para los baños son mucho mayores y de madera parafinada, y el utilizar algunos accesorios especiales requeridos por la longitud de las cintas, como son unos bastidores o cilindros de madera, en los que se colocan dichas cintas para sumergirlas en los baños, sea para recubrirles de la emulsión, sea para el revelado, el fijado y los lavados consiguientes. El revelador que más se emplea es el que lleva la mezcla de hidroquinona y metol (ya dado a conocer en otro lugar). La operación de fijar se practica, como de ordinario, con la disolución de hiposulfito de sosa al 20 por 100, y a continuación se efectúan los lavados, terminando con una sumer-

sión en una disolución muy débil de glicerina, para que las cintas conserven su flexibilidad. La desecación se efectúa montando la película en un gran cilindro o tambor al que, por un motor eléctrico, se imprime un rápido movimiento de rotación.

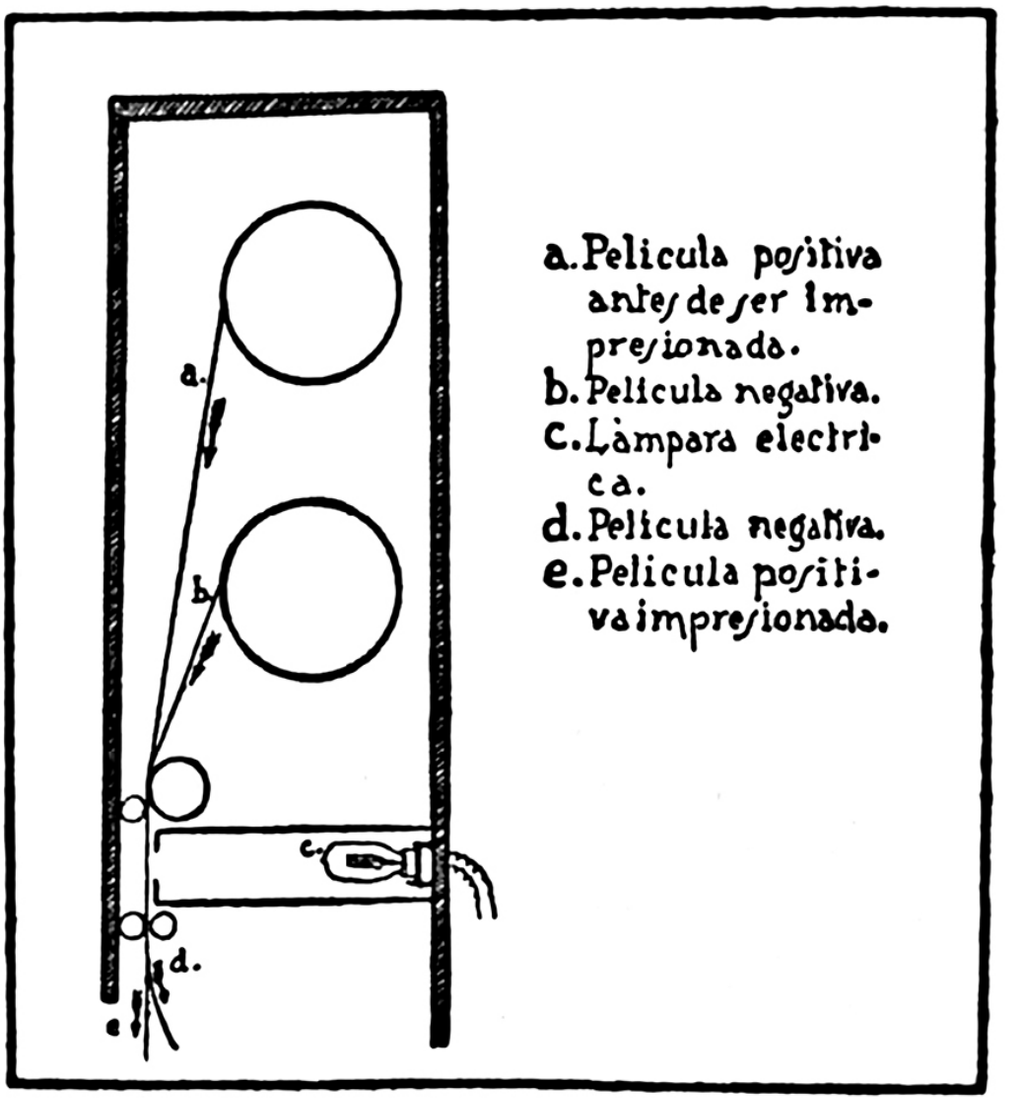


Fig. 16.—Tirada de las películas positivas.

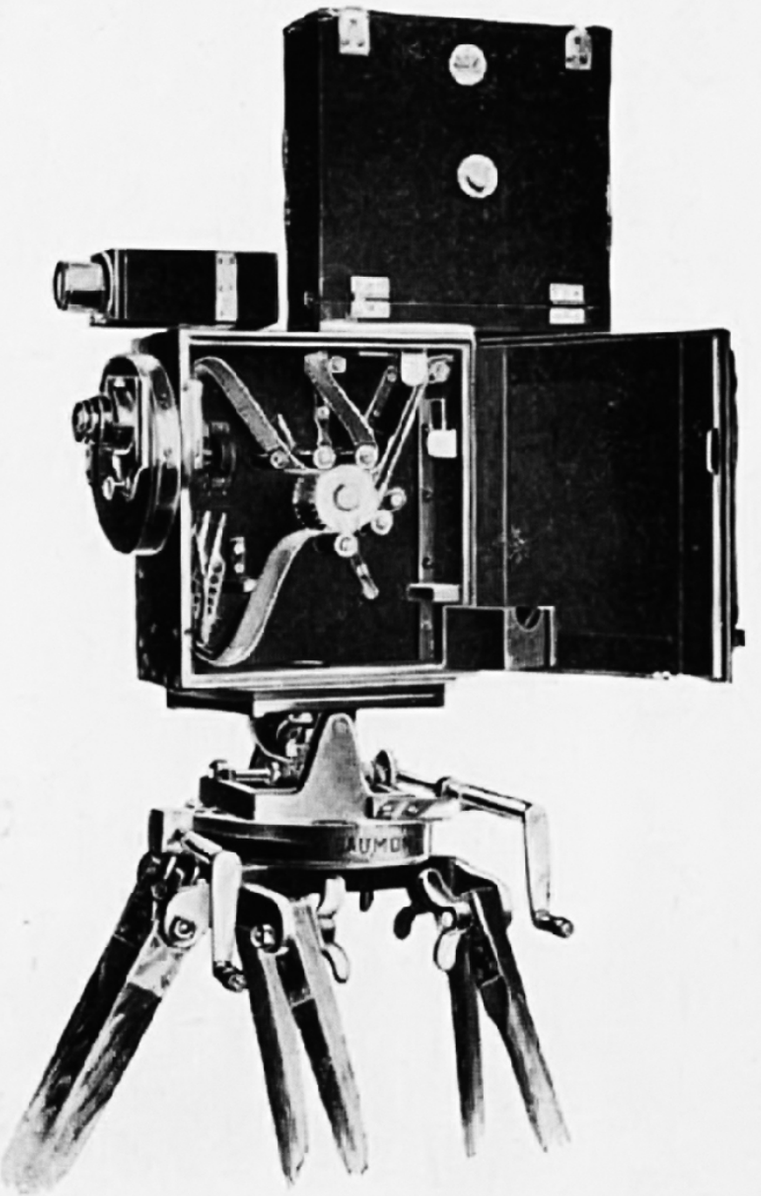
Las películas diapositivas, esto es, las que llevan las imágenes que han de pasar ante el aparato de proyección, se obtienen con emulsión de gelatinobromuro menos sensible que para las negativas. La tirada se efectúa en el interior de una caja (figura 16) donde va una lámpara eléctrica de incandescencia y un aparato de arrastre de las dos cintas, la que lleva las imágenes negativas y la destinada a las positivas. Ambas cintas se aplican una contra otra, gelatina contra gelatina, en contacto riguroso, y desfilan delante de la luz eléctrica, estando, naturalmente, la negativa entre la luz y la positiva. El tiempo de exposición es

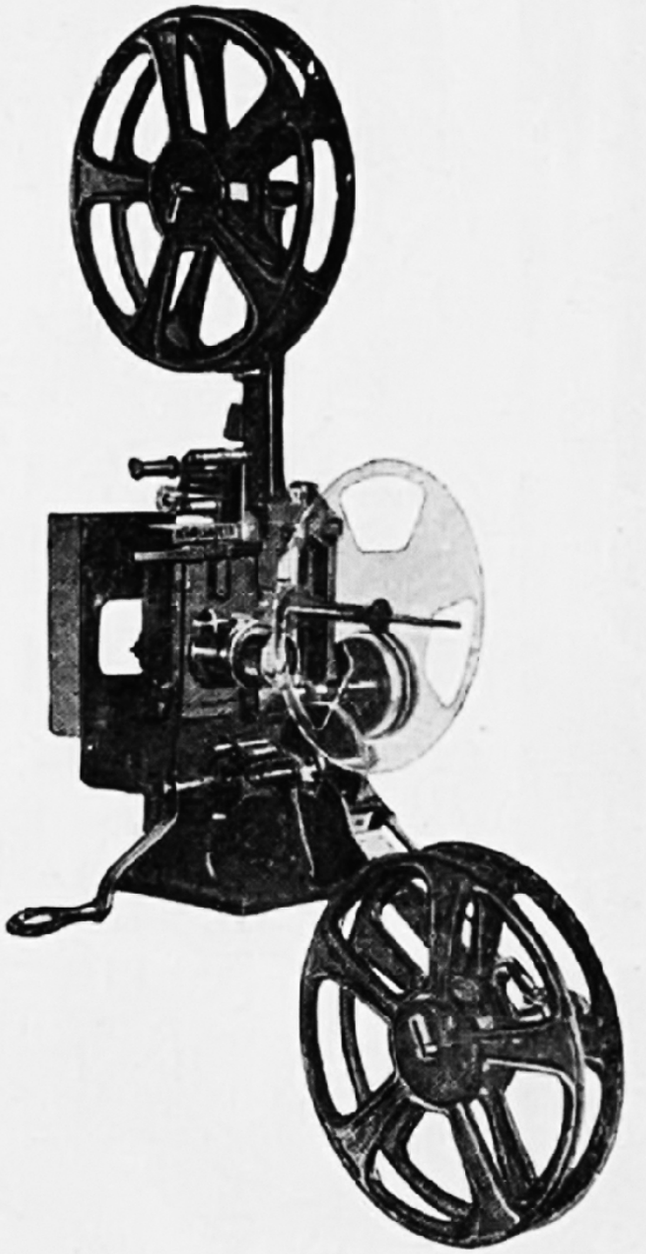
próximamente de un cuarto de segundo para cada imagen. El revelado y el fijado de las positivas se efectúa del mismo modo que para las negativas.

Las películas que así se preparan, lo mismo positivas que negativas, no tienen más de 50 metros de longitud. Sin embargo, las cintas que desfilan ante los aparatos cinematográficos son mucho mayores, pues las hay que tienen muchos centenares de metros. Estas cintas se obtienen soldando por sus extremos, unas a continuación de otras, varias cintas cuyos negativos se han tomado sucesivamente y a veces en circunstancias muy distintas. La soldadura se hace por medio de celuloide disuelto en una mezcla de acetona y acetato de amilo. Del mismo modo se sueldan las porciones de cintas que llevan los títulos y textos explicativos que suelen llevar las películas.

APARATOS PARA IMPRESIONAR PELÍCULAS.—La mayor parte de los cinematógrafos son reversibles, es decir, sirven para tomar vistas y para proyectarlas. Así lo era también el primero de los hermanos Lumière. Actualmente, sin embargo, estas dos operaciones se efectúan con aparatos distintos.

El que se emplea para tomar vistas, o sea para impresionar, debe ser impermeable a la luz, lo más ligero y resistente que se pueda, y consta de la cámara obscura, el mecanismo para mover las películas y dos cajas o depósitos que pueden contener unos 220 metros de cinta cada uno. La cámara lleva objetivo, diafragma, mecanismo para enfocar, obturador y mira o visor. Los objetivos deben ser apropiados para producir imágenes muy finas. La cinta se va desarrollando en una de las cajas-depósitos y arrollándose en la otra después de pasar por detrás del objetivo a la distancia conveniente para tener la imagen bien enfocada. El movimiento o arrastre de la cinta se consigue con un mecanismo por el cual dos ganchitos penetran en las perforaciones laterales de la cinta, arrastran ésta 19 milímetros; luego se levantan, ascienden, sin tocar a la película, otros 19 milímetros, y vuelven a caer sobre otros dos orificios, repitiendo la misma operación. Este movimiento de arrastre de la cinta es solidario del obturador, que se halla constituído por discos de metal interpuestos en el trayecto de los rayos luminosos que han de formar la imagen. A cada uno de los discos





Aparato de toma de vistas cinematográficas. (Sistema Gaumont.) Aparato de proyección.

le falta un sector, quedando así un espacio por donde puede pasar la luz, cada vez que dicho espacio viene a quedar en el trayecto de los rayos luminosos, lo cual ocurre precisamente en el momento que la película está inmóvil, porque es cuando los ganchos están levantados, es decir, sin entrar en las perforaciones. Como los dos discos están colocados paralelamente uno tras otro, el tiempo de exposición más largo posible se obtiene cuando los dos sectores vacíos coinciden exactamente. Para reducir el tiempo de exposición basta, pues, hacer girar un poco a uno de los dos discos, de modo que se reduzca el espacio vacío. Recubriendo más o menos este espacio se puede regular la duración de la exposición, según la rapidez de los movimientos que haya que registrar y la intensidad de la luz (fig. 17).

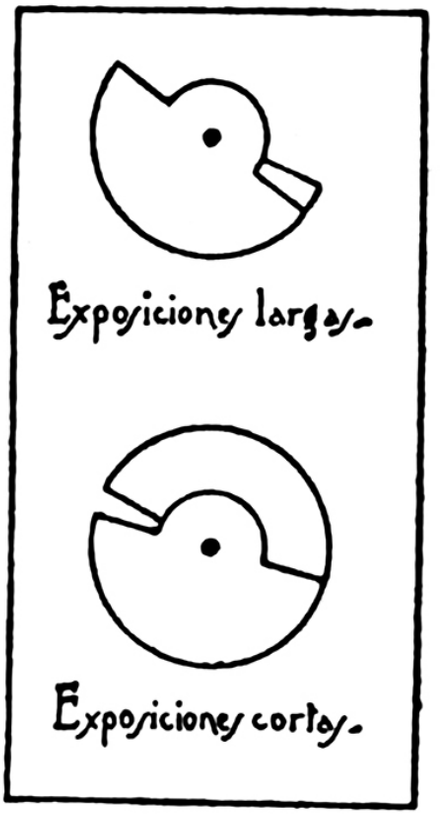


Fig. 17.—Obturador para regular el tiempo de exposición.

El obturador y el mecanismo para el avance de la película detrás del objetivo están conectados por un sistema de engranajes a una manivela exterior. Y los engranajes se hallan dispuestos de modo que cuando la manivela da una vuelta el eje del obturador da ocho y los ganchos hacen avanzar ocho veces la cinta. Como se da a la manivela dos vueltas por segundo, resultan de este modo 16 imágenes por segundo, que es la velocidad con que se proyectan después estas imágenes en la pantalla, con lo cual reproducen exactamente el movimiento del modelo.

Para que la película se deslice suavemente y no por sacudidas bruscas, que pudieran desgarrarla, se procura que no esté tensa en toda la extensión comprendida entre las dos cajas-depósitos, sino que se deja floja, antes y después de pasar por el foco del objetivo.

El manejo de estos aparatos para tomar debidamente escenas, paisajes, etc., exige gran habilidad y mucha práctica, utilizando constantemente la mira o visor que lleva el aparato.

APARATOS DE PROYECCIÓN.—Una instalación cinematográfica para mostrar proyectadas sobre un telón las imágenes que llevan las películas consta de una especie de linterna mágica, con su luz apropiada (fig. 18), su condensador de rayos luminosos para iluminar bien las imágenes de la película, su objetivo para amplificar y proyectar estas imágenes; de un aparato para

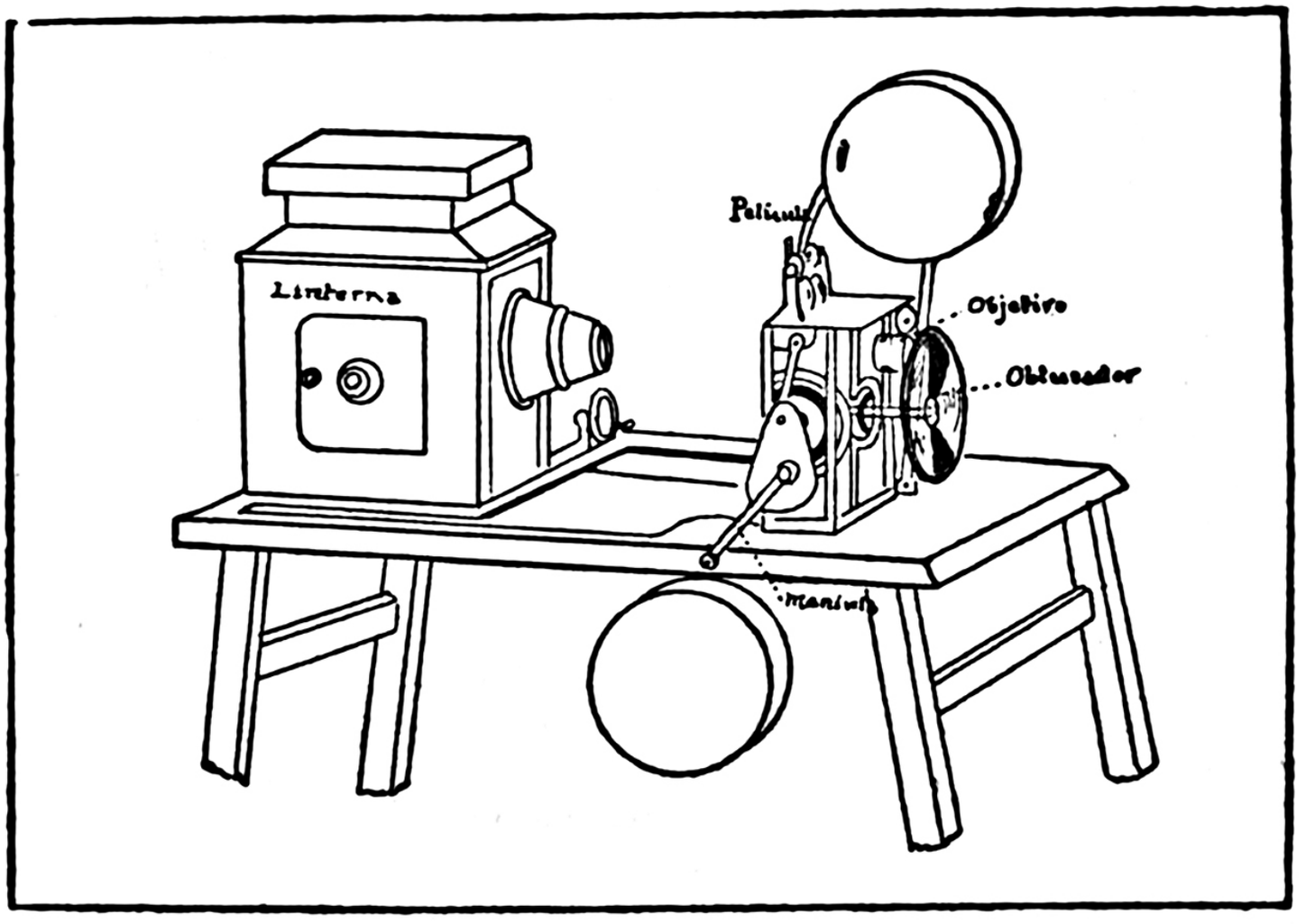


Fig. 18.—Aparato de proyección.

desarrollar la película y que las imágenes pasen sucesivamente y con la velocidad debida por el foco conjugado del objetivo, y del telón o pantalla donde han de proyectarse las imágenes con una amplificación que depende de las posiciones relativas de cada imagen en la película, del objetivo y de la pantalla.

El manantial de luz que se utilice debe situarse en la región correspondiente al *foco principal* del juego de lentes convergentes que sirve de condensador. El mejor manantial de luz y el que más se emplea es el arco voltaico, cuidando de regular la aproximación de las barritas de carbón que forman los polos,

ya con mecanismos apropiados, ya a mano. En los cinematógrafos usados en las escuelas, en domicilios particulares, etc., basta una lámpara de incandescencia de 100 a 200 bujías, que tiene la ventaja de suministrar una luz muy uniforme y sin necesidad de reguladores. A falta de luz eléctrica, puede emplearse la luz Drumont o de otro sistema semejante, tomando siempre las debidas precauciones.

El origen de luz se coloca dentro de una linterna de palastro ennegrecido, con chimenea para dar salida al aire caliente o a los productos de la combustión, y con portezuelas laterales, para vigilar la luz y procurar la renovación del aire.

En la pared delantera de la linterna hay una abertura redonda, a la que se ajusta un tubo donde va el condensador y una cubeta de agua. El condensador está formado por dos lentes planoconvexas, que iluminan perfectamente la imagen; pero estas lentes no sólo concentran sobre la película los rayos de luz, sino también los de calor, y éste puede ser tan intenso que llegue a inflamar instantáneamente el celuloide y aun la acetocelulosa. Para detener estos rayos caloríficos, sin disminuir sensiblemente la luz, se interpone una capa de agua de seis a ocho centímetros de espesor, contenida en una cubeta de vidrio de caras pararelas. El agua se calienta tanto que de cuando en cuando hay que renovarla.

Delante de la linterna y de sus complementos va el aparato proyector propiamente tal, con el mecanismo que hace desfilar la película. La porción esencial del aparato proyector es el objetivo, formado por una combinación de lentes que da imágenes sin deformación y sin irisaciones. El objetivo de proyección no necesita, sin embargo, ser tan perfecto como el destinado a tomar las vistas: basta con que en él se corrija la aberración cromática. La montura del objetivo está provista de una cremallera que sirve para enfocar las imágenes proyectadas sobre la pantalla.

Las cintas se desarrollan y pasan por el campo del objetivo proyector por un mecanismo semejante al empleado en el aparato de impresionar las películas para obtener las negativas (fig. 19). El objeto es que la cinta avance por sacudidas, de modo que se detenga completamente en el momento en que el

obturador se abre para dejar pasar la luz, y que la sustitución de una imagen por otra se opere rapidísimamente en el tiempo brevísimo en que los rayos luminosos quedan interceptados. La película pasa del carrete donde está primeramente arrollada a otro carrete, que la recibe, y su avance intermitente por el foco

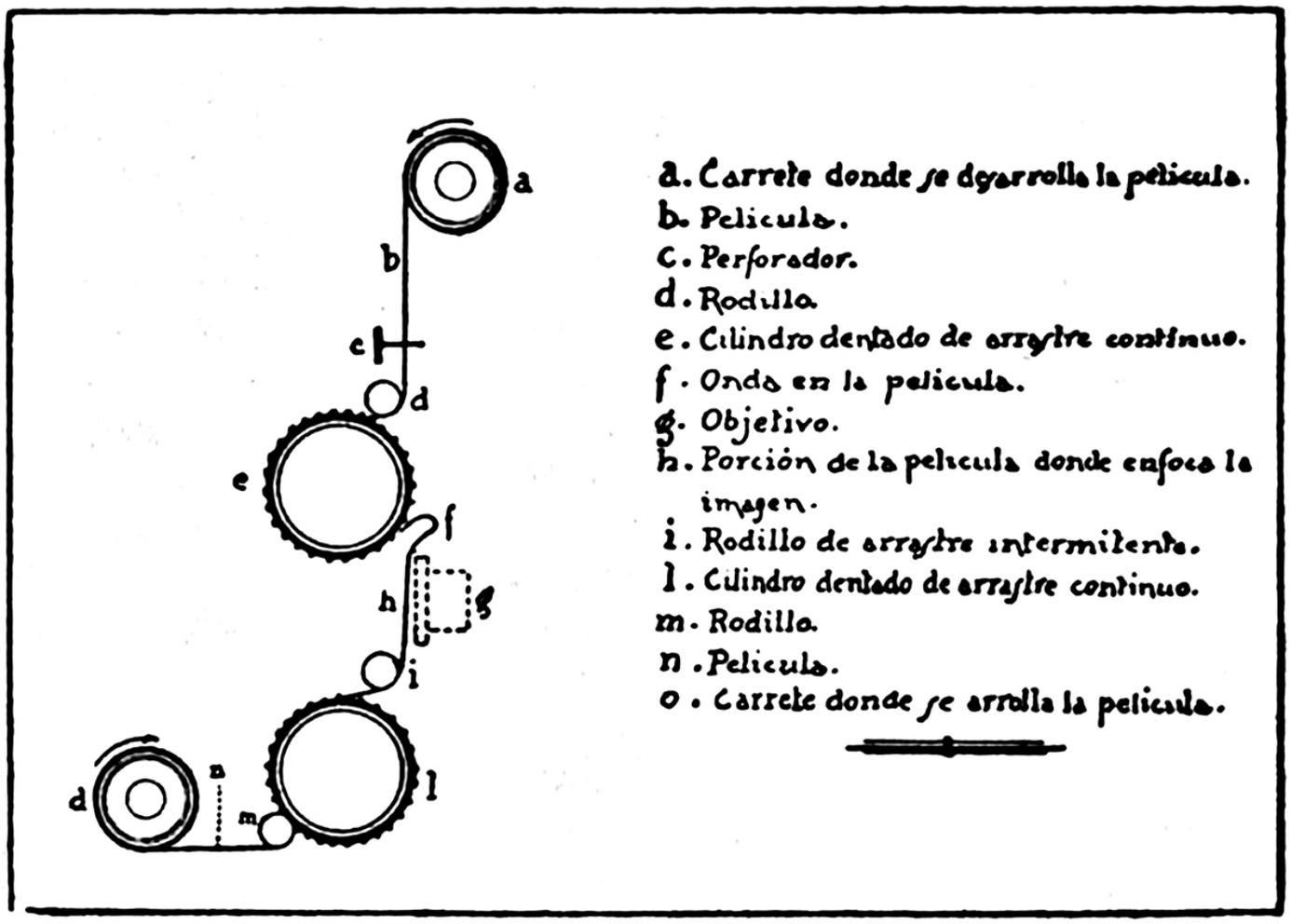


Fig. 19.—Mecanismo para el arrastre de las películas ante el objetivo.

del objetivo se efectúa mediante el mecanismo llamado *cruz de Malta*. La pieza que tiene esta forma se halla montada sobre el mismo eje que un cilindro dentado, que está destinado a arrastrar la película; por otra parte, el eje del obturador lleva un platillo en el que va un pequeño vástago de acero, que en cada revolución va a encajarse entre dos brazos consecutivos de la *cruz de Malta*, arrastrando a ésta en su movimiento y haciéndola girar un cuarto de vuelta, y entonces el vástago queda libre (fig. 20). Al mismo tiempo, un disco, provisto de una escotadura y montado sobre el mismo platillo que el vástago, va a aplicarse contra el borde cóncavo en que termina cada aspa de la cruz y

asegura la inmovilidad de ésta entre dos arrastres consecutivos. El movimiento de progresión de la película por medio de este mecanismo es menos brusco que con el de los ganchos, y si este último se ha conservado en el aparato de tomar vistas es porque los órganos son más ligeros, lo cual es muy importante para un instrumento portátil.

La *cruz de Malta* y su platillo de arrastre van generalmente encerrados en un estuche lleno de aceite, que asegura el engrasado y evita el desgaste.

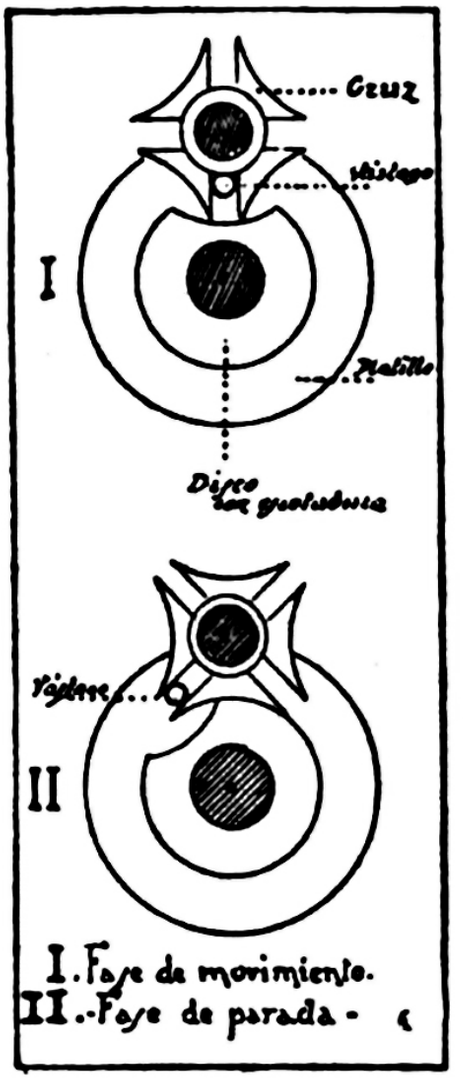


Fig. 20.—La cruz de Malta y su platillo de arrastre.

Otra parte importantísima es el obturador. El objeto de esta pieza es que las alternativas de la iluminación de la imagen y de extinción de luz coincidan con las fases de detención y avance de la película. En los primeros aparatos cinematográficos se conseguía esto haciendo girar delante del objetivo un disco opaco que llevaba un sector vacío. Las bruscas transiciones de plena luz a completa obscuridad producidas de este modo se traducían en una oscilación lumínica, muy penosa para los espectadores. Se atribuyó primeramente este defecto a que no se lograba un ajuste perfecto en la superposición de las imágenes sucesivas; pero, a pesar de haberse mejorado extraordinariamente los mecanismos para el movimiento de las películas, las incómodas oscilaciones continuaban. Estas no se han corregido sino modificando las transiciones de la obscuridad a la luz, o sea variando el obturador. Actualmente éste se halla formado por un disco de metal ennegrecido, dividido en tres sectores opacos, que alternan con tres sectores vacíos. Uno de los sectores opacos se interpone mientras la película se mueve, y la fase de parada de la película se mantiene durante el paso de los otros dos sectores opacos y los tres sectores vacíos. De esta suerte, el período de iluminación se halla cortado por dos bre-

ves instantes de obscuridad, que impiden que la vista del espectador reciba la luz plena, y la fase de avance de la película no se distingue apenas, en cuanto a la luz, de la de parada. Además, la proyección de cada imagen determina, no una sola alternativa de luz y obscuridad, sino tres. Como en un segundo se proyectan 16 imágenes, resultan tres veces 16, o sean 48 alternativas por segundo, y la persistencia retiniana impide el que se distingan. Así han sido suprimidas las oscilaciones luminosas, tan molestas, si bien a expensas de la intensidad de la iluminación.

El movimiento del obturador es solidario del mecanismo de arrastre de la película, y uno y otro están en combinación, por un engranaje, con una manivela cuyo eje debe girar con gran uniformidad a razón de dos vueltas por segundo, para que resulten 16 imágenes en el mismo tiempo. El movimiento se obtiene ordinariamente a mano; pero lo mejor es emplear un motor eléctrico, que con un gasto muy pequeño da una marcha perfectamente regular y permite al operador atender a todos los demás detalles de la proyección.

En todos los países se prescribe que la instalación del aparato de proyección se haga en una pieza o garita separada de la sala donde se hallan los espectadores, para evitar toda clase de riesgos de incendios, pánicos, etc. Esta separación tiene además la ventaja de dejar la sala en la obscuridad al mismo tiempo que el operador puede disponer de luz suficiente para atender a sus operaciones, y atenúa para el público el ruido del mecanismo y del arco voltaico.

LA PANTALLA O TELÓN.—Las imágenes proyectadas pueden verse por transparencia o por reflexión. El primer método da mejores proyecciones, pero exige disponer de un gran espacio detrás del telón. Cuando el campo de la proyección es pequeño se puede emplear como pantalla transparente una hoja de papel de calcar o una lámina de cristal esmerilado. Si el telón ha de ser grande, se confecciona de percalina blanca, y como la luz ha de pasar entre las mallas del tejido, conviene mojarlo en cada sesión, y para impedir que el agua se evapore pronto se le añade un poco de glicerina. Cuando el lienzo se ha mojado varias veces hay que añadir al líquido agua con almidón o con goma arábiga.

Pero el caso más frecuente es que las imágenes se proyecten del mismo lado en que están los espectadores, y éstos ven, entonces, dichas imágenes por reflexión. El telón, en este caso, no debe ser de lienzo, pues los rayos luminosos que atraviesen éste son completamente perdidos. Lo mejor es proyectar sobre un muro recubierto de blanco mate, que puede ser yeso muy fino o blanco de cinc. Se ha propuesto también emplear un barniz que contenga aluminio en polvo, y, en efecto, las imágenes proyectadas sobre un telón metalizado de tal modo aparecen mucho más brillantes a los espectadores colocados en las proximidades del eje óptico; pero, en cambio, para los que se hallan fuera de esa zona, es decir, a los costados de la sala, las figuras resultan más sombrías que proyectadas sobre un telón blanco mate. La superficie metálica no conviene, por lo tanto, mas que en salones estrechos y largos, so pena de sacrificar los puestos laterales.

El telón debe además estar encuadrado por ornamentos obscuros, para realzar por contraste la claridad de las imágenes, y mientras no se usa es conveniente protegerlo con una cortina, como el escenario de un teatro.

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

III

LAS MARAVILLAS DEL CINEMATOGRAFO

En los capítulos anteriores va expuesto cómo ha nacido el cinematógrafo, lo que es hoy este prodigioso medio de analizar y sintetizar el movimiento, cómo y en virtud de qué principios se obtienen las fotografías animadas y cuáles son los ingeniosos instrumentos que han sido construídos para ello.

Vamos a reseñar ahora, aunque sea muy rápidamente, los maravillosos resultados que pueden lograrse con el cinematógrafo.

PELÍCULAS TEATRALES.—En primer lugar, la reproducción fiel de las escenas de la vida real permite recrear, divertir e interesar al público con espectáculos del mismo orden que los dramas, las comedias y las escenas burlescas; y muchas obras maestras de la literatura se han llevado con gran éxito a la pantalla cinematográfica. Algunas películas cómicas han llegado a ser muy populares.

PELÍCULAS INFORMATIVAS, PELÍCULAS HISTÓRICAS.—Pero en seguida, en lugar de tomar como asunto la ficción, por primorosa, por artística, por interesante que sea, han sido impresionadas películas con escenas de la vida real en todas sus manifestaciones, y merced a esto todo el mundo puede asistir hoy día, sin salir de sus localidades respectivas, a los más grandes acontecimientos, a los más interesantes espectáculos, a las más emocionantes escenas, presenciando episodios de batallas, desfiles de ejércitos y evoluciones de escuadras; matrimonios regios y funerales de hombres célebres; las manifestaciones tumultuarias de las multitudes, o las plácidas escenas de las fiestas campesinas; las peripecias de una cacería, de una carrera de

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

Toma de una escena cinematográfica en España. (Director Sr. Busch.)

caballos, de una regata o de una corrida de toros... y pasadas algunas generaciones, los hombres entonces existentes podrán, proyectando las películas que se conserven en los archivos cinematográficos, presenciar grandes hechos pasados con la misma emoción que nosotros presenciaríamos ahora, si hubiese estado en nuestra mano, el embarque de Colón y los Pinzones en sus carabelas, la batalla de Trafalgar o las discusiones de las Cortes de Cádiz. Bien se comprende el valor histórico que para lo sucesivo han de tener las películas del cinematógrafo impresionadas con escenas de la vida real de cada época.

PELÍCULAS GEOGRÁFICAS.—Emoción semejante experimentamos actualmente ante las cintas de viajes. El Dr. Rospigliosi y Vigil ha relatado en la Sociedad Geográfica de Madrid una expedición hecha en compañía del célebre Nordensjold por las regiones ignotas del Perú. Acompañó su narración con vistas cinematográficas tomadas durante el viaje, y los concurrentes vieron con toda realidad el paso a través de las selvas vírgenes y de las fragosidades de las sierras; el temerario arrojo con que los exploradores se lanzaron, en sencillísimas balsas construídas por los indios, a las corrientes turbulentas de ríos totalmente desconocidos en su curso; pudieron apreciar la salvaje grandeza de los paisajes, la fauna y la flora de las comarcas recorridas; la vida y costumbres de los indios que en ellas moran; todo como si hubieran asistido personalmente a las peripecias de la expedición, recibiendo impresiones vividas y adquiriendo conocimientos exactos que ni las narraciones orales más claras ni los libros mejor escritos pueden suministrar. En igual forma, y por medio del cinematógrafo, hemos asistido a las últimas expediciones a las regiones antárticas y a las recientes tentativas hechas para escalar el Everést, el gigante de los Himalayas; y todas las noches, en los cinematógrafos públicos, presenciamos escenas en los campamentos de los pieles rojas de América o entre las caravanas que cruzan los desiertos africanos, y ya somos testigos de fiestas populares en la India o en el Japón, ya admiramos la actividad y el movimiento de los grandes puertos o de las grandes urbes modernas.

Aprovechando fácilmente los medios puestos en práctica para la recolección de perlas y esponjas, se ha explorado con

el cinematógrafo el fondo de algunos mares y se ha podido presentar a los ojos de las asombradas multitudes panoramas submarinos tomados del natural, con sus espesuras de algas y corales y la gran variedad de seres vivos que allí bullen (fig. 21).

PELÍCULAS CIENTÍFICAS Y PEDAGÓGICAS.—De igual modo, el cinematógrafo puede registrar y reproducir todas las operaciones practicadas en las galerías de las minas, en las naves de

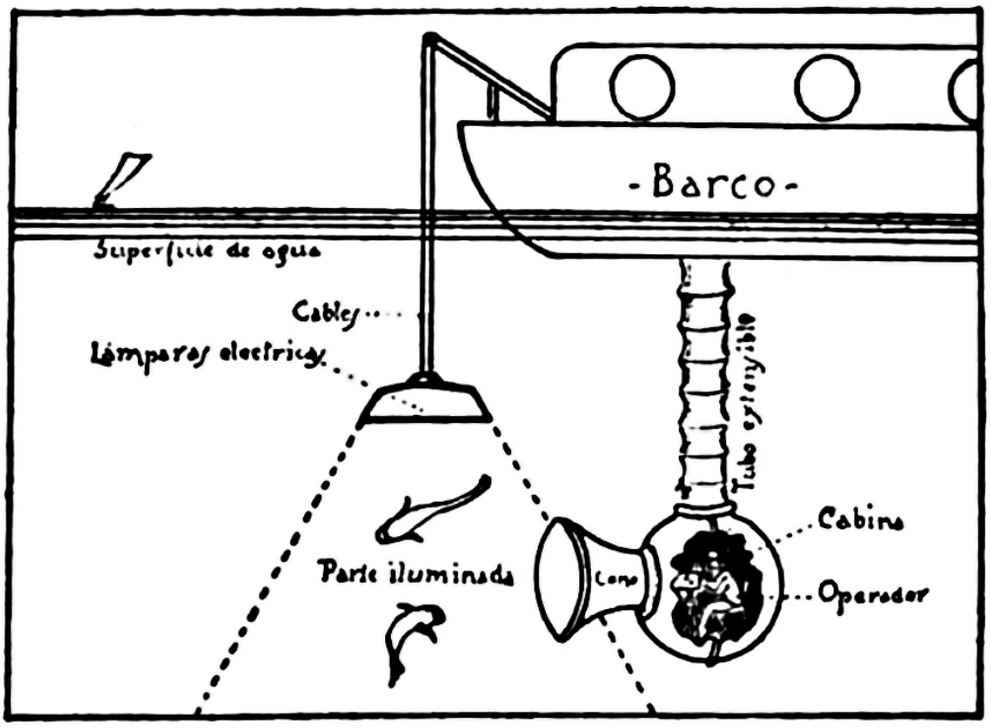


Fig. 21.—Cómo se impresionan películas en el seno del mar.

las fábricas, en una sala de cirugía, en el laboratorio de un químico o de un fisiólogo, en el gabinete de un físico o en el taller de un mecánico, obteniéndose documentos importantísimos para el estudio y para la enseñanza, documentos a los que se puede acudir cuando convenga para ulteriores observaciones y comparaciones.

Mas aún: el cinematógrafo no sólo puede aplicarse a lo que nuestra vista alcanza: sus horizontes son mucho más extensos, pues es capaz de revelarnos también lo que ocurre en el mundo microscópico de los seres prodigiosamente pequeños y las fases sucesivas de movimientos que, por su extrema rapidez o por su extrema lentitud, no son apreciados por nuestra retina, descubriéndonos así fenómenos ni sospechados siquiera. La vida y desarrollo de los seres microscópicos, la formación de cristales

en las disoluciones salinas, detalles de problemas muy complicados de mecánica, variaciones de estructura de muchos cuerpos, al alterarse las circunstancias de su medio ambiente, y otras muchas manifestaciones de lo que ocurre en la Naturaleza, sin que nuestros sentidos se percaten de ello, pueden hacerse ostensibles por medio de las proyecciones cinematográficas, ensanchando de un modo inconcebible el campo de nuestros conocimientos.

UN PRODIGIO CINEMATOGRÁFICO. CÓMO SE PUEDE VARIAR LA DURACIÓN APARENTE DE UN FENÓMENO.— Y aun puede realizarse otro prodigio. Hemos visto que está en manos del operador el fijar el número de imágenes tomadas por unidad de tiempo; y del mismo modo puede variarse la rapidez con que estas imágenes sucesivas pueden proyectarse en la pantalla. Pues bien; merced a esta potestad se logran efectos curiosísimos. Si el número de imágenes proyectadas por segundo es igual al número de imágenes tomadas en el mismo tiempo para impresionar una película, el movimiento reproducido en la pantalla será una representación exacta, una copia fiel del movimiento del modelo. Pero si, disminuyendo la rapidez del aparato que toma las vistas, conservamos la misma velocidad que ordinariamente se da al aparato proyector, el movimiento de la figura proyectada, aunque sin variar de naturaleza, aparecerá mucho más rápido. Al contrario, cuanto mayor sea el número de imágenes que tome por segundo el aparato impresionador, más lentos aparecerán los movimientos en la pantalla. Los efectos que de este modo se pueden obtener son asombrosos. Es posible de esta manera apreciar muy bien el crecimiento de una planta. Se puede, realmente, *ver crecer la hierba*. Basta tomar de hora en hora, por ejemplo, imágenes de un vegetal durante un período que puede extenderse a varios días o semanas, si así conviene, según los casos. De la película negativa así obtenida se saca la positiva correspondiente, que se lleva al aparato proyector, y por éste, en pocos segundos, desfilarán las imágenes tomadas en el transcurso de varios días. Se verá entonces en la pantalla que en pocos instantes el vegetal echa hojas y en seguida flores, y que los pétalos de éstas crecen, se extienden, que el pistilo es fecundado y el fruto se desarrolla y la flor, mustia,

muere. Al contrario, movimientos rapidísimos, como el vuelo de un insecto o de un ave, imposibles de apreciar en sus detalles por nuestra vista, se pueden hacer más lentos en la pantalla. Es suficiente para ello acelerar la toma de las vistas. Si en lugar de registrar 16 imágenes por segundo se toman 64, proyectando luego la película con la velocidad corriente, el movimiento aparecerá en la pantalla cuatro veces más lento y, sin perder la solución de continuidad, podrá ser observado en sus distintas fases y estudiar y analizar un fenómeno que en sus condiciones naturales escapa a nuestra percepción.

Se ve, por tanto, que como medio de entretenimiento y de recreo, como elemento de información y de preparación de documentos para la historia, el cinematógrafo tiene un valor inmenso, que justifica su popularidad; pero que aun mayor es su importancia como auxillar de la ciencia en todas las ramas de ésta, por ser un instrumento insustituíble de investigación, de estudio y de enseñanza.

PROYECCIONES EN COLORES.—Se ha conseguido obtener en la pantalla cinematográfica proyecciones en colores. Se puede lograr este resultado de varios modos.

En primer lugar, iluminando a mano las imágenes de las cintas positivas. Dar color a los centenares, a los millares de fotografías pequeñísimas que componen una película, exige mucho cuidado, mucha paciencia y muy buena vista. Es un trabajo que se confía a muchachitas y que se facilita haciendo que cada obrera se encarge de la aplicación de un solo color. Un artista perito en la materia determina cada matiz y el sitio donde ha de aplicarse.

Cuando de una negativa se van a obtener muchas positivas se iluminan éstas por el mismo procedimiento de la policromía en litografía; es decir, que si se va a hacer una tirada en tres colores, por ejemplo, se sacan primero tres positivas para obtener tres patrones, uno para cada color, y se hacen los recortes correspondientes, para ir dando sucesivamente a cada porción su color respectivo. Pero se puede obtener la reproducción automática de los colores por procedimientos absolutamente fotográficos, aplicando la *tricromía*, cuyo fundamento estriba en que con tres colores fundamentales, a saber, el violado, el

verde y el anaranjado, se pueden obtener todos los matices que presenta la Naturaleza. Además, la persistencia de las imágenes en la retina permite asimilar la sucesión rápida de los colores fundamentales a su visión simultánea. Se puede, pues, obtener proyecciones cinematográficas en colores, ya proyectando simultáneamente sobre la pantalla tres imágenes ajustadas con toda exactitud, una violada, otra verde y otra anaranjada, o bien haciendo desfilar rápidamente sobre la misma pantalla imágenes alternativamente violadas, verdes y anaranjadas.

Pero en ambos procedimientos la síntesis del color sólo se puede efectuar con toda exactitud analizando previamente el colorido del modelo, lo cual se consigue interponiendo sucesivamente, en el momento en que se toman las imágenes negativas, tres filtros selectores teñidos, respectivamente, de violado de verde y de anaranjado.

La aplicación de estos principios exige aparatos y operaciones especiales y de bastante complicación; pero el problema se ha llegado a resolver, y con efectos de belleza extraordinaria, por medio del *cronocromo* de Gaumont.

La reproducción de colores por medio de los aparatos cinematográficos ordinarios sólo se consigue actualmente por medio de la aplicación de las placas *autocromas* de los hermanos Lumière; pero este procedimiento sólo se ha podido aplicar hasta ahora a las proyecciones fijas y no a las animadas.

PELÍCULAS PARLANTES.—El cinematógrafo recibiría un perfeccionamiento extraordinario si a la mímica de las imágenes humanas proyectadas se uniese con exactitud la palabra con sus diversas entonaciones y modalidades. Muchas escenas quedan sin comprenderse, a pesar de los gestos exagerados de los personajes, y hay que acudir a letreros explicativos.

Pero la palabra puede registrarse y reproducirse por medio del fonógrafo. Se comprende que Edison, inventor de este último, tratase de asociarlo a su *cinetógrafo*. En efecto, haciendo funcionar simultáneamente ambos aparatos por un motor eléctrico, la voz y los movimientos eran registrados a la vez. Y para reconstituir la palabra y las imágenes acopló, también eléctricamente, el *cinetoscopio* y el fonógrafo. Pero no llegó a obtener el acorde completo entre los dos aparatos, sin contar con que

lo desagradable del timbre del fonógrafo hacía poco atractiva la combinación.

El sincronismo perfecto entre el cinematógrafo y el fonógrafo se ha logrado, sin embargo, a principios de este siglo por Gaumont, con su *cronófono*, fundado en los mismos principios que utilizó Edison, pero consiguiendo con toda precisión la concordancia de la palabra con los movimientos de los labios y las actitudes del personaje. Los perfeccionamientos que después ha experimentado el fonógrafo hacen más interesante el uso del *cronófono;* pero éste, en la práctica, deja aún bastante que desear.

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

IV

LAS ARTIMAÑAS DEL CINEMATÓGRAFO

LO IMPOSIBLE, REALIZADO.—En las proyecciones cinematográficas se presentan a veces hechos cuya realización parece imposible. Se ve, por ejemplo, que cuerpos inertes se animan y ejecutan actos como si tuvieran vida propia. He aquí una masa informe de barro que se modela por sí misma sin que nadie la toque y se convierte en estatua. Ahora es una cinta que por sí sola se pliega, se arregla y forma un lazo. Véase un par de tijeras que sin que nadie lo maneje recorta figuritas de papel, o una caja de cerillas que se abre sola y de ella sale una cerilla que, como conocedora de su función, frota su cabeza contra la lija y se enciende. Otras veces se ve realizar a los personajes cosas verdaderamente absurdas. Un automóvil a gran velocidad atropella a un transeunte y le rompe las piernas. El atropellado, sonriente, las recoge, se las ajusta y prosigue tranquilamente su marcha. Es frecuente que el héroe de una película trepe con gran facilidad por una fachada de seis o siete pisos, o gatee por la chimenea de una fábrica, o que caiga desde lo alto al pavimento de la calle y se levante sano y salvo.

Hay ocasiones en que las leyes de la Naturaleza aparecen trastrocadas por completo. Se ve la lluvia remontarse hacia las nubes en lugar de caer desde éstas a la tierra; nacer el humo en la atmósfera y venir a buscar las chimeneas para introducirse en ellas; deshacerse un grupo de melones que su vendedor tiene en el mercado y echar a rodar ellos solos calle arriba, contra todas las leyes de la gravedad, y saltar por una ventana al

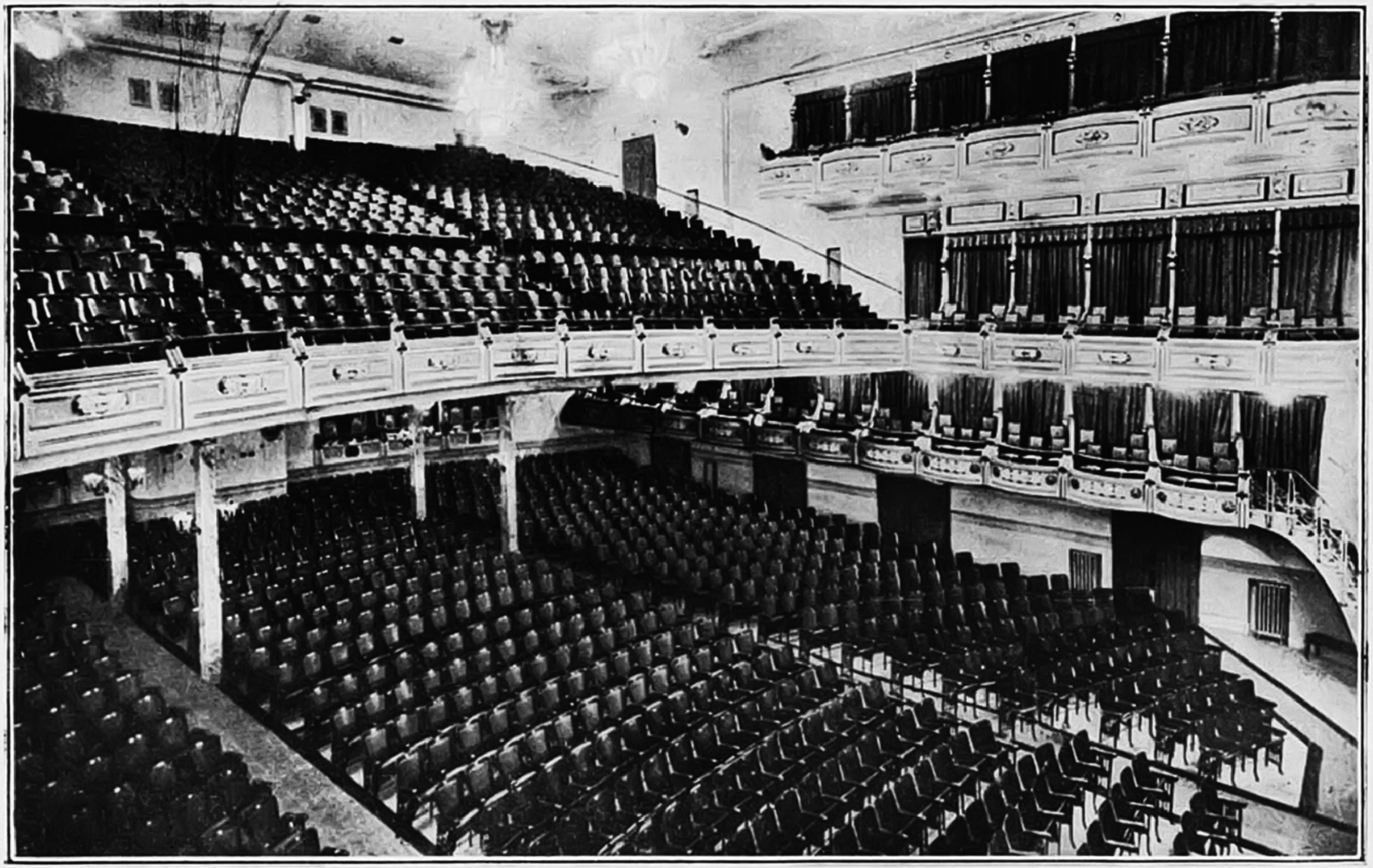
Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com

interior de un cuarto bajo; gatear un hombre por las paredes y el techo de una habitación, como si fuera un insecto.

¿Y qué prestidigitador será capaz de hacer las apariciones y desapariciones súbitas, las metamorfosis instantáneas que en las proyecciones cinematográficas se realizan con la mayor facilidad? ¿Ni cómo se puede explicar el espectador que un bebedor se aproxime a los labios un vaso vacío y lo retire lleno de líquido? ¿O que, inclinando una botella vacía sobre una copa de licor, suba éste de la copa a la botella? Y más asombroso aun es el caso de ver a un fumador cuyo cigarro se va alargando a medida que se quema y que, en lugar de desprender el humo, son las espirales de éste las que se forman en el espacio y van a buscar el cigarro o la boca del fumador.

En vista de éstos y otros muchos hechos, que tenemos por absolutamente irrealizables y que, sin embargo, vemos *sucediendo* ante nuestra vista en la pantalla, habría que admitir que el cinematógrafo tenía el mágico poder de alterar todas las leyes físicas que rigen el universo, si no fuera porque explicaciones sencillísimas nos muestran que precisamente obedeciendo a esas mismas leyes es como se consiguen esos efectos tan prodigiosos.

LOS MILAGROS DE LA MANIVELA.—Ya queda explicado cómo puede acelerarse o retrasarse un movimiento representado en el telón cinematográfico, con disminuir o aumentar el número de imágenes negativas tomadas por segundo, es decir, según la velocidad con que se haya girado la manivela del aparato de tomar las vistas. Con reducir a la mitad, a la cuarta parte, a la décima parte el número de imágenes tomadas, resultará después en la pantalla duplicada, cuadruplicada, decuplicada la rapidez de los movimientos correspondientes. Así se puede hacer desfilar por la pantalla, a velocidades vertiginosas, hombres, caballos y carruajes; mostrar que en menos de un segundo un bebedor se traga de un golpe el contenido de una botella o de una gran garrafa; hacer ver cómo un individuo envuelto en un colchón o encerrado en un barril y lanzado cuesta abajo da vueltas como una devanadera. No vaya a creerse que el sujeto ha sido sometido a tormento semejante. Al barril o al colchón en donde va encerrado se le da un movimiento lentísimo, de



Vista de la sala de un cinematógrafo moderno. (Real Cinema, de Madrid.)

forma que el individuo, sin el menor inconveniente, repose ya de espaldas, ya de costado, ya sobre el vientre. Tomando las vistas con gran lentitud, estos movimientos, ejecutados con toda tranquilidad, aparecerán después en la pantalla sucediéndose con una rapidez frenética. Además, el efecto de la lentitud en la toma de imágenes se puede acentuar suprimiendo alguna de las imágenes recibidas en la película negativa, pues se comprende que si se suprime una sí y otra no, el movimiento, sólo por este motivo, aparecerá dos veces más rápido. Es más, como de este modo las actitudes intermedias no quedan representadas, los movimientos resultarán más bruscos, con contorsiones que los harán más cómicos.

INVERSIÓN DE LAS PELÍCULAS.—Los efectos tan extraños que quedan indicados de aparecer actos hechos contra la acción de la gravedad o totalmente opuestos a como en la realidad se verifican en la Naturaleza son obtenidos con una facilidad extraordinaria. Basta hacer pasar la película positiva por el foco del objetivo proyector en sentido contrario a como se tomó la negativa correspondiente. De este modo, la primera imagen que aparezca proyectada es la última que se tomó; la segunda será la que era la penúltima, y así sucesivamente irán apareciendo unas tras otras en orden inverso a como se realizó el movimiento registrado; y así se comprende que se pueda ver en la pantalla llover hacia arriba, venir el humo a buscar la chimenea o el cigarro y que los melones lanzados por una ventana de un piso bajo y que van rodando por la pendiente por su propio peso, hasta amontonarse en la plaza próxima, efectúen movimientos totalmente inversos.

Con la inversión en la marcha de la película se obtiene con frecuencia en las pantallas otro efecto del mismo orden, pero que causa siempre gran sorpresa ante los espectadores. Aparecen en el telón un trozo de costa y el mar espléndido y en apacible calma; de pronto, un nadador surge del agua, se sumerge de nuevo de cabeza y con los pies por alto, y de esta guisa, y al parecer sin el menor esfuerzo, se lanza fuera del agua como quien da un salto gigantesco hacia atrás, y va a parar a un alto de la orilla, donde se hallan sus vestidos dispersos por el suelo. En seguida, las diferentes prendas se levantan y van una a una

a manos de su dueño, que se viste en medio de extrañas contorsiones y se aleja andando hacia atrás. En realidad, ¿qué había sucedido? La película negativa se había impresionado con una escena vulgarísima. Un hombre ha llegado a un sitio de la costa, se ha desnudado y se ha arrojado al agua. Pero la película positiva se ha desarrollado en el aparato de proyección en sentido inverso, comenzando por la última imagen y terminando por la primera. Todas las fases de las escenas aparecerán, pues, en la pantalla sucediéndose en orden contrario a la realidad.

ANIMACIÓN DE LOS OBJETOS INERTES.—Y a los objetos inertes ¿cómo se les da animación? ¿Cómo se consigue que una herramienta trabaje sin mano que la lleve? ¿Que los muebles de una habitación se ordenen por sí solos? ¿Que una masa de barro se moldee por sí misma?, etc., etc. Efectos tan sorprendentes se explican con gran facilidad, aunque el obtenerlos exija labor larga y mucha paciencia. Hay que proceder para lograrlos tomando del objeto una imagen por cada vuelta de la manivela del aparato impresionador, es decir, imagen por imagen, con una parada intermedia. Se quiere, por ejemplo, representar un cuchillo que corta por sí solo una rebanada de pan. Colocados en una mesa el pan y el cuchillo a cierta distancia, se obtiene una imagen en la película negativa, dando una vuelta a la manivela. Suspendida la operación, un individuo se acerca a la mesa y mueve un poco el cuchillo aproximándole al pan, y se retira. Segunda vuelta de la manivela para fotografiar el nuevo aspecto. El individuo se acerca de nuevo y aproxima un poco más el cuchillo al pan y se retira para que se fotografíe la nueva posición, y así se continúa buen número de veces, hasta que el cuchillo, por el filo, toque al pan. Se sigue la labor hundiendo entonces el cuchillo en el pan muy poco a poco y tomando en la misma forma una imagen de cada nueva posición, previa retirada del sujeto. Centenares de imágenes hay que tomar de esta manera, de donde se deduce la labor tremenda que representa el preparar toda la película negativa. Se obtiene después la positiva como de ordinario y, al proyectar ésta, resulta la sucesión de imágenes continuas que dan la ilusión del movimiento espontáneo del cuchillo.

Para la estatua que se modeló a sí misma se procede de un modo análogo. La estatua, recién modelada en tierra plástica, se expone delante del aparato de impresionar películas y se toma la primera imagen. Un individuo, a golpes sucesivos de pulgar, la va deformando hasta que, muy poco a poco, llega a ser una masa informe. A cada golpe de pulgar el individuo se retira para que se saque una nueva imagen, y de este modo se impresionará, como en el caso anterior, la película entera, tomando imagen por imagen a cada vuelta de manivela. Pero después, para la proyección, se invierte la marcha de la película positiva; es decir, que la primera imagen aparecida en la pantalla es la última obtenida, o sea la masa informe de arcilla, terminando la proyección por la imagen de la estatua.

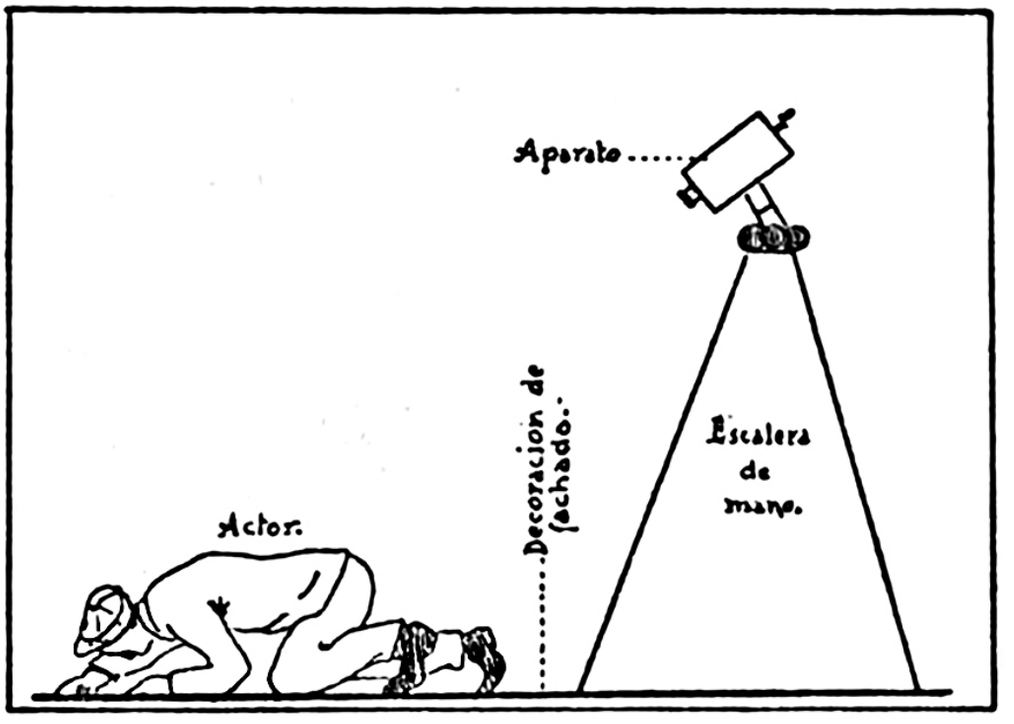


Fig. 22.—Cómo se simula un escalo.

DIBUJOS ANIMADOS.—Este mismo procedimiento de impresionar imagen por imagen se utiliza para presentar en el telón cinematográfico dibujos animados. Un artista marca primero un punto negro sobre una hoja de papel; de este punto hace arrancar después un trazo muy pequeño, y luego sucesivamente otros y otros, hasta que de todos ellos resulta el dibujo cómico de una persona, de un animal, etc., y este dibujo, en la pantalla, gesticula, salta, corre, ya solo, ya con otros aparecidos de la misma manera. La película que muestra estas escenas fantásticas se ha impresionado tomando imagen por imagen a cada vuelta de manivela, y el artista, en cada intermedio, se aproxima y hace un añadido ligerísimo al dibujo, hasta que éste queda termina-

do. Así se obtiene un croquis que exige centenares de imágenes. Después, para animar el sujeto representado, hay que preparar tantos croquis distintos como actitudes diferentes tome en la escena el modelo, por lo cual para las proyecciones de esta clase se necesitan dos mil o tres mil imágenes.

LA PRESTIDIGITACIÓN CINEMATOGRÁFICA.—Las metamorfosis, las apariciones y desapariciones bruscas son muy fáciles de obtener. En el momento en que el cambio haya de hacerse se detiene la marcha de la película que se está impresionando; el modelo que había dado las imágenes anteriores se retira, otro viene a ocupar su puesto, y cuando la manivela vuelve a funcionar, ya es otra la figura que impresiona. Estos cambios se efectúan a veces con maniquíes, con los cuales se ejecutan operaciones imposibles de realizar con el modelo, como el atropellado a quien el automóvil parte las piernas, y terminadas estas operaciones vuelve a ocupar su puesto el modelo en un intermedio o detención de la película que se está impresionando. Después, en la proyección de la película positiva, el movimiento de la manivela es continuo y no hay solución alguna de continuidad en la sucesión de las imágenes.

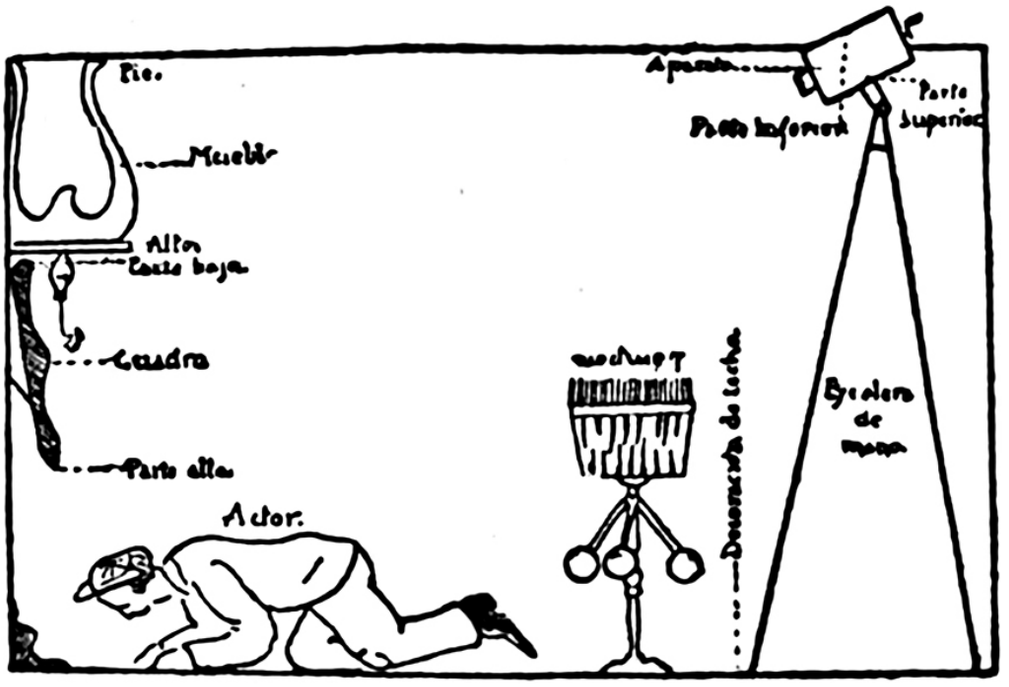


Fig. 23.—Un actor que gatea por un techo.

El escalar una fachada altísima, el trepar por el exterior de la chimenea de una fábrica, el andar por los muros o por el techo de una habitación, etc., puede representarse sin que el actor tenga que hacer grandes esfuerzos (fig. 22). Se tiende en el suelo del local donde se va a impresionar la película un lienzo en el que, como en el telón de fondo del escenario de un teatro,

esté pintada la fachada, la chimenea o la pared por donde el individuo aparece que va a ascender. Sobre este lienzo, tendido en el suelo, el actor avanza a gatas muy sosegadamente. El aparato de impresionar se coloca en lo alto de una escalera de mano con el objetivo apuntando hacia el suelo. De este modo, la dirección del eje óptico, con relación al telón tendido en tierra, es la misma que si este telón, donde se halla pintada la fachada, etc., estuviese vertical y el aparato impresionador enfrente en las condiciones habituales, y así es como aparecerá después en la pantalla cinematográfica cuando sobre ésta se proyecte la positiva correspondiente a la película negativa impresionada de la manera descrita. Lo mismo se hace para representar que se anda por los techos, teniendo cuidado, en este caso, además de pintar bien en el suelo la decoración del techo, colocar invertidos, es decir, cabeza abajo, los muebles y los cuadros, etcétera, en la pared opuesta al lugar en donde está el aparato impresionador en lo alto de la escalera de mano (fig. 23).

Fig. 24.—Un hombre embotellado.

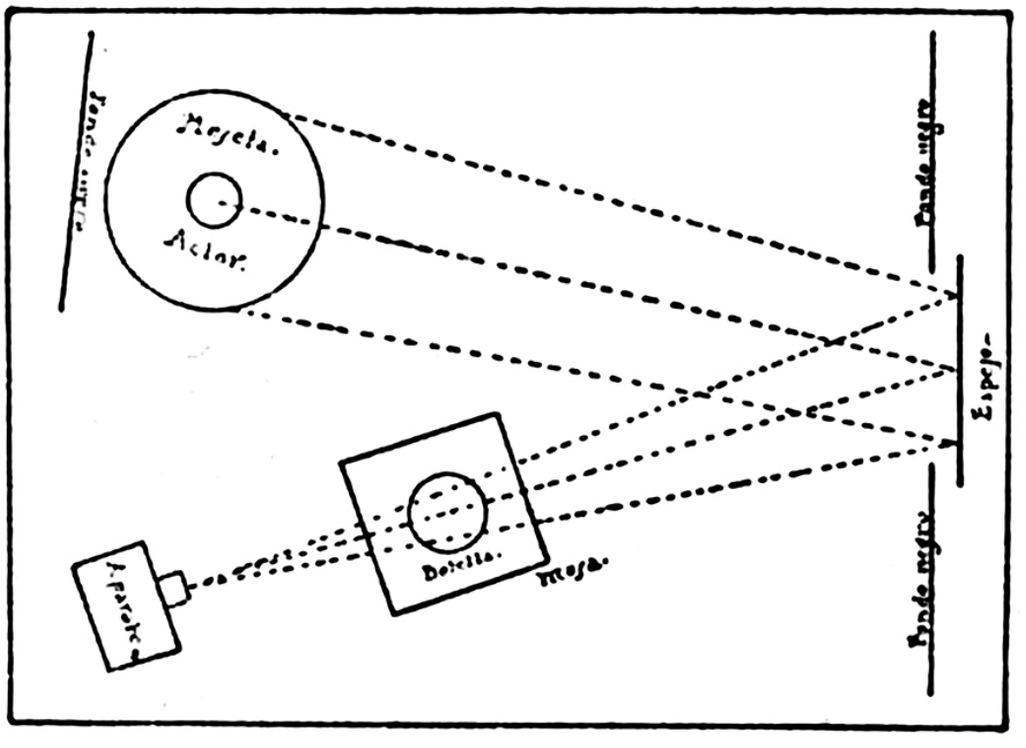


Fig. 25.—Cómo se impresiona la película.

PELÍCULAS COMPUESTAS.—Se puede llegar a obtener combinaciones muy sorprendentes impresionando dos o más veces una misma película, procurando utilizar un fondo de terciopelo

negro, que no produce impresión alguna sobre la cinta negativa, con lo cual sólo se recibirá la imagen del modelo bien iluminado, que se coloque delante. Así se consigue mostrar un personaje conversando o jugando a los naipes consigo mismo. Si los dos modelos fotografiados sobre la misma película se hallan colocados a distancias muy distintas del aparato impresionador, resultan singulares diferencias de proporciones, y esto permitirá representar fantásticas escenas entre enanos y gigantes o mostrar una figurilla humana agitándose frenética dentro de una botella de tamaño natural (figs. 24 y 25) colocada sobre una mesa, o una bailarina de dos pulgadas haciendo piruetas sobre un plato también de tamaño natural o en los bordes de una copa. De igual modo, interponiendo un *acuarium*, formado de una cubeta de cristal de caras paralelas y en el interior del que naden pececillos, entre el aparato impresionador y un hombre desnudo, se obtendrá una escena sorprendente en que aparecerá el hombre agitándose en el seno del mar rodeado de peces enormes, pues como éstos se hallan situados más cerca del aparato impresionador aparecen de gran tamaño con relación al hombre, que se halla más lejos (fig. 26).

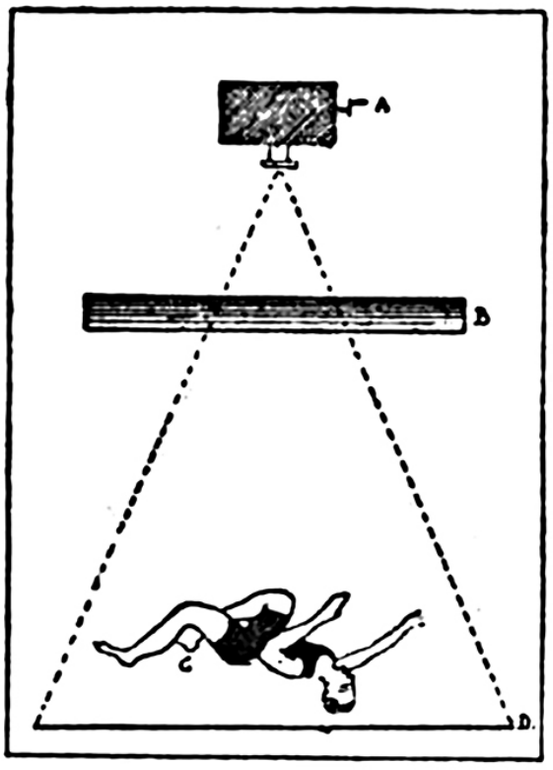


Fig. 26.—Representación de un nadador en el seno del mar.

Además, todas las tretas conocidas y practicadas por los fotógrafos para obtener clichés amañados pueden utilizarse en el cinematógrafo, con el fin de preparar imágenes compuestas que, proyectadas después en la pantalla, dan efectos extraordinarios.

FIN

INDICE

Páginas.

La fotografía

I.—En qué consiste la fotografía..... 5
II.—Cómo nació la fotografía..... 11
III.—Perfeccionamientos en la química fotográfica..... 16
IV.—La imagen obtenida en la cámara obscura..... 20
V.—El material fotográfico..... 29
VI.—Cómo se toma una fotografía..... 35
VII.—Obtención de las imágenes positivas..... 42
VIII.—Fotografía en colores..... 49
IX.—Aplicaciones de la fotografía..... 52

El cinematógrafo

I.—Los precursores del cinematógrafo..... 57
II.—Las películas y los aparatos cinematográficos..... 68
III.—Las maravillas del cinematógrafo..... 80
IV.—Las artimañas del cinematógrafo..... 87

Restaurado por S.Merchán
graficsants@gmail.com